



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE  
PERUMAHAN SUKOLILO DIAN REGENCY DI  
SURABAYA TIMUR**

LISNA ISMININGTYAS  
NRP. 03111440000086

Dosen Pembimbing I  
Dr. Techn. Umboro Lasminto, S.T., M. Sc.  
NIP. 197212021998021001

Dosen Pembimbing II  
Dr.Ir.Edijatno  
NIP. 195203111980031003

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR-RC14-1501

**PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE  
PERUMAHAN SUKOLILO DIAN REGENCY DI  
SURABAYA TIMUR**

LISNA ISMININGTYAS  
NRP 03111440000086

Dosen Pembimbing I  
Dr. Techn. Umboro Lasminto, S.T., M. Sc.  
NIP. 197212021998021001

Dosen Pembimbing II  
Dr.Ir.Edijatno  
NIP. 195203111980031003

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018





FINAL PROJECT-RC14-1501

**SUKOLILO DIAN REGENCY'S DRAINAGE SYSTEM  
RE-DESIGN IN EAST SURABAYA**

LISNA ISMININGTYAS  
NRP 03111440000086

Supervisor I  
Dr. Techn. Umboro Lasminto, S.T., M. Sc.  
NIP. 197212021998021001

Supervisor II  
Dr.Ir.Edijatno  
NIP. 195203111980031003

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering, Environment, and Geotechnical  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2018





**PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE  
PERUMAHAN SUKOLILO DIAN REGENCY DI  
SURABAYA TIMUR**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Hidroteknik  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**LISNA ISMININGTYAS**  
NRP. 03111440000086

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr. Tech Umboro Lasminito, ST, M.Sc ..... (Pembimbing I)
2. Dr. Ir. Edijatno ..... (Pembimbing II)



**SURABAYA  
JULI 2018**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE  
PERUMAHAN SUKOLILO DIAN REGENCY DI  
SURABAYA TIMUR**

**Nama : Lisna Isminingtyas**

**NRP : 03111440000086**

**Departemen : Teknik Sipil FTSLK – ITS**

**Dosen Pembimbing I: Dr. Techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.**

**Dosen Pembimbing II: Dr. Ir. Edijatno**

**Abstrak**

*Surabaya merupakan salah satu kota besar yang ada di Jawa Timur. Luas total Kota Surabaya adalah 350,5 km<sup>2</sup> dengan jumlah penduduk sebanyak 3.057.766 jiwa. Kota Surabaya menjadi salah satu destinasi masyarakat luar kota yang ingin berurbanisasi. Hal ini merupakan salah satu faktor utama yang menarik minat para pengembang perumahan dan properti untuk membangun kawasan perumahan baru. Sukolilo Dian Regency merupakan salah satu perumahan baru yang berada di kawasan padat penduduk dengan luas total 12,3 Ha. Perumahan Sukolilo Dian Regency dibangun dengan cara menimbun lahan sehingga mengubah penggunaan lahan dari daerah tambak (tampungan sementara) menjadi daerah limpasan yang tentunya akan berdampak pada permasalahan banjir disekitarnya. Dari hasil pengamatan di lapangan, akibatnya terjadi permasalahan diantaranya adanya genangan dibeberapa titik di sekitar daerah perumahan saat hujan turun.*

*Tahap pertama dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah melakukan studi lapangan dan studi literatur dimana nantinya akan terlihat kesenjangan antara kondisi ideal dan kondisi aktual. Dilanjutkan dengan melakukan pengumpulan data, data-data yang diperlukan untuk tugas akhir ini diantaranya adalah data hidrologi yang terdiri dari data curah hujan, data peta yang terdiri dari peta topografi dan layout perumahan, dan data hidrolika yang didapat*

*setelah tinjauan langsung pada lapangan. Setelah mendapatkan data, dilakukan analisis debit banjir rencana sehingga dapat disimpulkan apakah sistem drainase eksisting dapat menampung dan menyalurkan debit rencana yang telah diperhitungkan.*

*Berdasarkan hasil analisis, penyebab adanya genangan yang terjadi pada perumahan dikarenakan tidak mampunya sistem drainase menampung debit rencana, selain itu adanya pengaruh pasang pada saluran sekunder berdampak pada saluran tersier dalam perumahan. Sehingga dibutuhkan perencanaan sistem drainase baru pada perumahan dengan merevitalisasi semua saluran pada perumahan menggunakan U-Ditch dan penambahan fasilitas drainase berupa pintu air untuk mencegah pengaruh pasang dari saluran sekunder dan kolam tampung beserta pompa untuk mengatur outflow menuju saluran sekunder.*

***Kata kunci: Drainase, Genangan, Sukolilo Dian Regency, Surabaya***

## **SUKOLILO DIAN REGENCY'S DRAINAGE SYSTEM RE-DESIGN IN EAST SURABAYA**

**Name** : Lisna Isminingtyas  
**NRP** : 03111440000086  
**Department** : Civil Engineering, FTSLK – ITS  
**Supervisor I** : Dr. Techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.  
**Supervisor II** : Dr. Ir. Edijatno

### **Abstract**

*Surabaya is one of the big cities in East Java. The total area of Surabaya City is 350.5 km<sup>2</sup> with a population of 3,057,766 inhabitants. Surabaya became one of the destinations of out-of-town community who want to urbanization. This is one of the main factors that attract residential and property developers to build new residential areas. Sukolilo Dian Regency is one of the new housing in densely populated area with total area of 12.3 Ha. Sukolilo Dian housing is built by heaping soil that converts land use from the pond area (temporary container) into a runoff area which will certainly have an impact on the surrounding flooding problem. From the results of observations in the field, consequently there are problems including inundation at some point around the housing area when it rains.*

*The first stage of this Final Project is to conduct field observation and literature studies in which will be seen the gap between ideal conditions and actual conditions. Followed by conducting data collection, the data required for this final project is hydrological data consisting of rainfall data, map data consisting of topographic maps and housing layout, and hydraulic data obtained after direct observation in the field. After obtaining the data, flood return period is carried out so that it can be concluded whether the existing drainage system can accommodate and distribute the calculated plan discharge.*

*Based on the results of the analysis, the cause of the inundation that occurred in the housing due to the inability of the drainage system to accommodate the discharge plan, in addition to*

*the influence of tide on the secondary channel impact on tertiary channels in housing. So it is necessary to plan a new drainage system on housing by revitalizing all channels on housing using U-Ditch and adding drainage facilities in the form of sluice to prevent the influence of tide from secondary channels and tank ponds also pumps to controlling outflow to secondary channel.*

***Keywords: Drainage, Inundation, Sukolilo Dian District, Surabaya***

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan kasih sayang-Nya kepada kita, sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu, yang berjudul “Perencanaan Ulang Sistem Drainase Perumahan Sukolilo Dian Regency di Surabaya Timur”. Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini telah melibatkan banyak pihak yang sangat membantu dalam banyak hal. Oleh sebab itu, disini penulis sampaikan rasa terima kasih sedalam-dalamnya kepada :

1. Orang tua yang tiada hentinya selalu mendukung dan mendoakan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST., M. Sc., selaku dosen konsultasi I.
3. Bapak Dr. Ir. Edijatno selaku dosen konsultasi II.
4. Teman-teman S-57 yang telah berjuang bersama-sama menyelesaikan studi di Departemen Teknik Sipil ITS.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata, besar harapan penulis agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya Mahasiswa Teknik Sipil.

Surabaya, Juli 2018

Penulis



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. LATAR BELAKANG .....	1
1.2. RUMUSAN MASALAH.....	2
1.3. BATASAN MASALAH .....	2
1.4. TUJUAN.....	3
1.5. MANFAAT .....	3
1.6. LOKASI .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. UMUM.....	5
2.2. ANALISIS HIDROLOGI .....	5
2.2.1. Analisis Hujan Rata-Rata Daerah .....	6
2.2.2. Analisis Hujan Rencana .....	11
2.2.3. Analisis Distribusi Frekuensi .....	12
2.2.4. Uji Kesesuaian Distribusi.....	23
2.2.5. Koefisien Pengaliran .....	27
2.2.6. Perhitungan Waktu Konsentrasi (Tc) .....	28
2.2.7. Perhitungan Intensitas Hujan (I) .....	31
2.2.8. Perhitungan Debit Rencana (Q) .....	32
2.3. ANALISIS HIDROLIKA TAHAP EVALUASI.....	32
2.3.1. Pendahuluan.....	32
2.3.2. Perencanaan Saluran Drainase .....	33
2.4. ANALISIS HIDROLIKA TAHAP PERENCANAAN .....	38
2.4.1. Perencanaan Kolam Tampung .....	38
2.4.1. Perencanaan Pompa Air .....	41
2.4.2. Perencanaan Pintu Air .....	42

<b>BAB III METODOLOGI.....</b>	<b>45</b>
3.1. STUDI LITERATUR.....	45
3.2. STUDI LAPANGAN.....	45
3.3. PENGUMPULAN DATA.....	45
3.3.1. Data Hidrologi .....	45
3.3.2. Data Peta.....	46
3.3.3. Data Hidrolika .....	46
3.4. ANALISIS DATA DAN PERHITUNGAN.....	46
3.4.1. Analisis Hidrologi.....	46
3.4.2. Analisis Hidrolika .....	48
3.5. KONTROL KAPASITAS SALURAN EKSISTING .....	48
3.6. PERENCANAAN SALURAN DRAINASE .....	48
3.7. KONTROL ELEVASI SALURAN PEMBUANG .....	48
3.8. PERENCANAAN FASILITAS DRAINASE .....	48
3.9. KESIMPULAN .....	49
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>53</b>
4.1. ANALISIS HIDROLOGI .....	53
4.1.1. Penentuan Hujan Rata – Rata Daerah .....	53
4.1.2. Analisis Distribusi Hujan Rencana .....	56
4.1.3. Uji Kecocokan Parameter Distribusi .....	66
4.1.4. Analisis Debit Banjir Rencana .....	78
4.2. ANALISIS HIDROLIKA TAHAP EVALUASI.....	102
4.2.1. Evaluasi Saluran Eksisting .....	106
4.2.2. Evaluasi Saluran Hulu .....	118
4.3. ANALISIS HIDROLIKA TAHAP PERENCANAAN .....	121
4.3.1. Perencanaan Kolam Tampung .....	121
4.3.2. Perencanaan Pompa .....	126
4.3.3. Perencanaan Bak Kontrol.....	129
4.3.4. Perhitungan Pintu Air .....	130
4.3.5. Perencanaan Saluran Sekunder .....	134
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>	<b>137</b>
5.1. KESIMPULAN .....	137
5.2. SARAN .....	138
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>139</b>

**LAMPIRAN..... 141**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Lokasi Sukolilo Dian Regency .....	4
Gambar 2.1. Metode Polygon Thiessen .....	9
Gambar 2.2. Metode Isohyet .....	11
Gambar 2.3. Lintasan Aliran Waktu To dan Tf .....	29
Gambar 2.4. Penampang Bentuk Persegi .....	33
Gambar 2.5. Hidrograf Satuan Kolam Tampung .....	39
Gambar 2.6. Grafik Hubungan antara Inflow dan Outflow Pengaliran dengan Pompa .....	41
Gambar 2.7. Beberapa Kondisi Aliran Air pada Pintu Air .....	43
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> Pengerjaan Tugas Akhir .....	50
Gambar 3.2. <i>Flowchart</i> Pengerjaan Tugas Akhir .....	51
Gambar 4.1. Penggambaran Metode Polygon Thiessen .....	55
Gambar 4.2. Material Kolam Tampung .....	121
Gambar 4.3. Ilustrasi Kolam Tampung .....	122
Gambar 4.4. Grafik Hidrograf Superposisi Koltam 1 .....	125
Gambar 4.5. Grafik Hidrograf Pengoperasian Pompa .....	128
Gambar 4.6. Volume Kolam Tampung dan Pompa .....	129
Gambar 1. Dimensi U-Ditch .....	141
Gambar 2. Detail U-Ditch .....	142
Gambar 3. Tutup U-Ditch .....	143
Gambar 4. Dimensi Pipa .....	143
Gambar 5. Pintu Air Menuju Saluran Sekunder .....	144
Gambar 6. Kondisi Saluran Sekunder .....	144

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Pemilihan Metode Hujan Rata-Rata Berdasarkan Luas DAS .....	7
Tabel 2.2. Pemilihan Metode Hujan Rata-Rata Berdasarkan Topografi.....	7
Tabel 2.3. Pemilihan Metode Hujan Rata-Rata Berdasarkan Jumlah Pos Hujan .....	7
Tabel 2.4. Periode ulang (tahun) untuk perencanaan saluran kota .....	12
Tabel 2.5. Tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss .....	16
Tabel 2.6. Reduce Variate, $Y_{tr}$ .....	18
Tabel 2.7. Hubungan Reduksi Data Rata-rata ( $Y_n$ ) dengan Jumlah Data (n) .....	19
Tabel 2.8. Hubungan Deviasi Standar ( $S_n$ ) dan Reduksi Data dengan Jumlah Data (n).....	20
Tabel 2.9. Nilai K Berdasarkan $C_s$ .....	22
Tabel 2.10. Derajat Kepercayaan Uji Chi-Kuadrat.....	25
Tabel 2.11. Nilai Kritis ( $D_o$ ) untuk Uji Smirnov Kolmogorov ...	26
Tabel 2.12. Koefisien Pengaliran ( $C$ ) .....	28
Tabel 2.13. Harga Koefisien Hambatan ( $nd$ ) .....	30
Tabel 2.14. Tabel Koefisien Kekasaran Manning (n) .....	35
Tabel 2.15. Lanjutan Tabel Koefisien Kekasaran Manning (n) ..	36
Tabel 2.16. Kecepatan maksimum aliran.....	37
Tabel 2.17. Tinggi jagaan berdasarkan jenis saluran .....	37
Tabel 4.1. Pemilihan Metode Hujan Rata-Rata .....	53
Tabel 4.2. Data Hujan Maksimum Tahunan .....	56
Tabel 4.3. Periode Ulang (Tahun) Perencanaan Saluran Kota ....	57
Tabel 4.4. Perhitungan Curah Hujan Maksimum Normal dan Gumbel.....	59
Tabel 4.5. Perhitungan Curah Hujan Max Log Normal dan Log Pearson Tipe III.....	63
Tabel 4.5. Perhitungan Curah Hujan Maksimum Log Normal dan Log Pearson Tipe III .....	64
Tabel 4.6. Syarat Parameter Statistik.....	66



Tabel 4.7. Uji Sebaran Chi-Kuadrat .....	68
Tabel 4.8. Peluang Setiap Group .....	68
Tabel 4.9. Uji Chi Kuadrat Metode Distribusi Normal .....	69
Tabel 4.10. Perhitungan Interpolasi Nilai K dengan T .....	69
Tabel 4.11. Uji Chi Kuadrat Metode Distribusi Log Pearson Tipe III .....	71
Tabel 4.12. Hasil Interpolasi T dengan Cs.....	72
Tabel 4.13. Perhitungan Uji dengan Metode Distribusi Normal .	74
Tabel 4.14. Perhitungan Uji dengan Metode Log Pearson Tipe III .....	76
Tabel 4.15. Rekap Hasil Perhitungan C.....	79
Tabel 4.23. Rekapitulasi Tutup U-Ditch.....	117
Tabel 4.24. Perhitungan Debit Hidrologi ADR .....	119
Tabel 4.25. Hasil Perhitungan $t_0$ .....	120
Tabel 4.26. Tinggi Hujan pada Jam ke-t.....	123
Tabel 4.27. Hasil Perhitungan Debit Limpasan Koltam 1 .....	124
Tabel 4.28. Rincian Perhitungan Volume Koltam 1 .....	125
Tabel 4.29. Pengoperasian Pompa Koltam 1 .....	127
Tabel 1. Data Curah Hujan Tahun 2000 .....	145
Tabel 2. Data Curah Hujan Tahun 2001 .....	147
Tabel 3. Data Curah Hujan Tahun 2002 .....	148
Tabel 4. Data Curah Hujan Tahun 2003 .....	150
Tabel 5. Data Curah Hujan Tahun 2004 .....	151
Tabel 6. Data Curah Hujan Tahun 2005 .....	153
Tabel 7. Data Curah Hujan Tahun 2006 .....	154
Tabel 8. Data Curah Hujan Tahun 2007 .....	156
Tabel 9. Data Curah Hujan Tahun 2008 .....	157
Tabel 10. Data Curah Hujan Tahun 2009 .....	159
Tabel 11. Data Curah Hujan Tahun 2010 .....	160
Tabel 12. Data Curah Hujan Tahun 2011 .....	162
Tabel 13. Data Curah Hujan Tahun 2012 .....	163
Tabel 14. Data Curah Hujan Tahun 2013 .....	165
Tabel 15. Data Curah Hujan Tahun 2014 .....	166
Tabel 16. Data Curah Hujan Tahun 2015 .....	168
Tabel 17. Data Curah Hujan Tahun 2016 .....	169

Tabel 18. Data Curah Hujan Tahun 2017 .....	171
Tabel 19. Probabilitas Kumulatif.....	173
Tabel 19. Probabilitas Kumulatif.....	174
Tabel 20. Perhitungan Elevasi Saluran Eksisting .....	176
Tabel 21. Perhitungan Elevasi Saluran Rencana.....	183
Tabel 22. Perhitungan $t_0$ dan $t_c$ eksisting .....	190
Tabel 23. Perhitungan debit rencana (arah aliran baru) .....	197

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Kota Surabaya merupakan ibukota Propinsi Jawa Timur dan kota terbesar di Jawa Timur. Luas total Kota Surabaya adalah 350,5 km<sup>2</sup> dengan jumlah penduduk sebanyak 3.057.766 jiwa. Selain itu Kota Surabaya adalah kota Indramardi (Industri Dagang Maritim Pendidikan) dan kota metropolis yang berperan penting di Indonesia. Sehingga tak heran jika Surabaya menjadi salah satu kota destinasi masyarakat yang ingin berurbanisasi. Hal ini merupakan salah satu faktor utama yang menarik minat para pengembang perumahan dan properti untuk membangun kawasan perumahan baru. Namun, pembangunan permukiman/perumahan baru serta fasilitas penunjang penduduk lainnya tidak diimbangi dengan perkembangan sistem drainase yang memadai.

Surabaya Timur merupakan salah satu daerah di Surabaya yang menjadi sasaran para *developer* perumahan karena banyaknya aktivitas penduduk. Sukolilo Dian Regency merupakan salah satu perumahan baru yang berada di kawasan padat penduduk dengan luas total 12,3 Ha. Perumahan Sukolilo Dian Regency dibangun dengan cara menimbun lahan sehingga mengubah penggunaan lahan dari daerah tambak (tampungan sementara) menjadi daerah limpasan.

Di kawasan perkotaan yang sangat datar seperti di Surabaya, curah hujan yang terjadi dengan durasi yang pendek tetapi intensitas tinggi biasanya menyebabkan genangan lokal. Genangan lokal biasa terjadi disebabkan karena selokan pinggir atau saluran tersier (drainase minor) tidak dirancang untuk mengatasi intensitas curah hujan tertinggi, begitu pula kondisi saluran sekunder dan saluran primernya tidak siap menerima limpasan air.

Pada musim penghujan, terjadi intensitas hujan yang tinggi dan terjadi banjir pada saluran drainase Sukolilo Dian Regency karena kapasitas eksisting yang tidak sesuai dengan debit yang terjadi. Dari hasil pengamatan di lapangan, terjadi permasalahan

diantaranya adanya genangan di beberapa titik disekitar daerah perumahan saat hujan turun.

Secara umum masalah banjir di Kota Surabaya hingga saat ini masih belum dapat teratasi secara menyeluruh. Sehingga limpasan air yang terjadi sebaiknya dikelola dengan baik dan tidak menyebabkan genangan pada kawasan Sukolilo Dian Regency. Maka dari itu, hal ini dapat diatasi dengan penambahan fasilitas-fasilitas drainase seperti pembangunan kolam tampung, penambahan saluran pembuang lain agar tidak menumpuk pada satu saluran pembuang, penambahan pintu air untuk mengontrol air yang mengalir, dan juga penambahan pompa.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah diantaranya:

1. Bagaimanakah kondisi eksisting sistem drainase yang ada pada Sukolilo Dian Regency?
2. Apa yang menyebabkan terjadinya genangan di Sukolilo Dian Regency?
3. Berapakah kapasitas saluran yang dibutuhkan untuk meminimalisir genangan?
4. Fasilitas drainase seperti apa yang dibutuhkan untuk menanggulangi genangan dan banjir?

### **1.3. Batasan Masalah**

Yang menjadi batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Wilayah yang ditinjau hanya pada kawasan yang air limpasannya kemungkinan akan membebani saluran tersier Sukolilo Dian Regency.
2. Studi ini hanya meninjau debit berdasarkan hujan dan tidak memperhitungkan buangan air kotor (air buangan rumah tangga).
3. Studi ini tidak memperhitungkan sedimentasi.

4. Studi ini tidak memperhitungkan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dalam pengerjaan saluran drainasenya.
5. Tidak melakukan analisis kekuatan struktur untuk fasilitas drainase yang nantinya diperlukan.

#### **1.4. Tujuan**

Adapun tujuan meliputi:

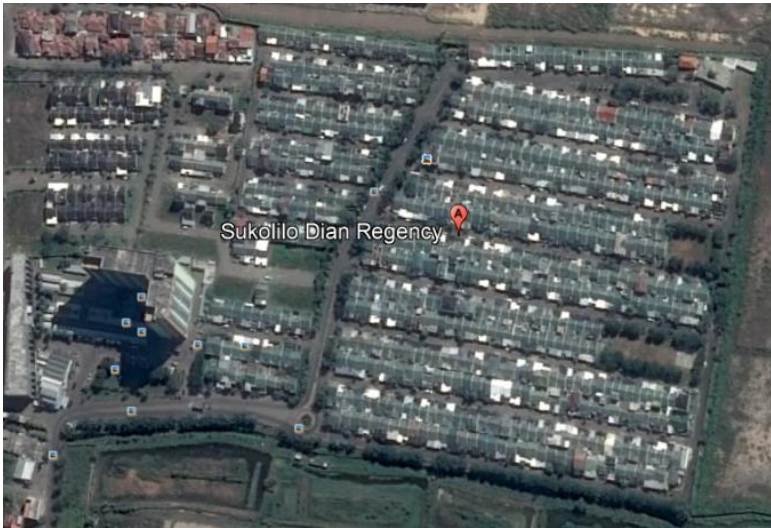
1. Menganalisis dan mengevaluasi kondisi eksisting sistem drainase yang ada pada Sukolilo Dian Regency.
2. Mengetahui penyebab genangan yang terjadi pada Sukolilo Dian Regency.
3. Menganalisis kapasitas Saluran Sukolilo Dian Regency yang dibutuhkan agar tidak terjadi genangan.
4. Mencari solusi untuk memilih fasilitas drainase yang tepat dalam menanggulangi genangan dan banjir.

#### **1.5. Manfaat**

Manfaat yang dapat diambil dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mendapatkan kondisi bebas dari ancaman banjir selama musim penghujan di Sukolilo Dian Regency dan mendapatkan sistem drainase perkotaan yang baik dan sesuai dengan *master plan* kota Surabaya.

#### **1.6. Lokasi**

Studi ini dilakukan di kawasan perumahan Sukolilo Dian Regency Kecamatan Sukolilo Kota Surabaya. Memiliki luas 12,3 Ha dengan didominasi bangunan rumah (Berkisar antara 70 - 80%) dan sisanya fasilitas umum serta lahan terbuka hijau. Gambar 1.1 menunjukkan lokasi Sukolilo Dian Regency didapat dari aplikasi Google Earth.



**Gambar 2.1. Lokasi Sukolilo Dian Regency**  
(*sumber: Google Earth*)

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Umum**

Drainase yang berasal dari bahasa Inggris yaitu *drainage* mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalirkan air. Dalam bidang teknik sipil, drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/ lahan, sehingga fungsi kawasan/ lahan tidak terganggu. Drainase dapat juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas. Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tapi juga air tanah.

(Sumber: Suripin, 2004)

Dalam mengevaluasi sistem drainase, maka perlu diketahui data-data yang terpenting. Banyak sedikitnya data yang dipergunakan akan memberikan pengaruh terhadap ketelitian evaluasi sistem drainase. Adapun data-data yang akan dipergunakan dalam evaluasi sistem drainase yaitu meliputi:

- Data topografi
- Data curah hujan
- Data tata guna lahan

#### **2.2. Analisis Hidrologi**

Secara umum analisis hidrologi merupakan satu bagian awal dalam perencanaan bangunan-bangunan hidraulik. Pengertian yang terkandung di dalamnya adalah bahwa informasi dan besaran-besaran yang diperoleh dalam analisis hidrologi merupakan masukan penting dalam analisis selanjutnya. Bangunan hidraulik dalam bidang teknik sipil dapat berupa gorong-gorong, bendung, bangunan pelimpah, tanggul penahan banjir, dan lain sebagainya. Ukuran dan karakter bangunan-bangunan tersebut sangat



tergantung dari tujuan pembangunan dan informasi yang diperoleh dari analisis hidrologi.

(*Sumber: Harto, 1989*)

Analisis hidrologi merupakan analisis awal dalam evaluasi sistem drainase Sukolilo Dian Regency untuk mengetahui besarnya debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu ( $Q_{th}$ ) untuk memperkirakan besarnya banjir rencana yang sesuai. Penentuan debit banjir rencana harus proporsional, tidak terlalu kecil maupun tidak terlalu besar sehingga dapat memperhitungkan ukuran bangunan yang ideal dan ekonomis dalam menampung besarnya debit rencana yang ada.

### **2.2.1. Analisis Hujan Rata-Rata Daerah**

Hujan merupakan faktor terpenting dalam analisis hidrologi. Intensitas hujan yang tinggi pada suatu kawasan hunian yang kecil dapat mengakibatkan genangan pada jalan-jalan, tempat parkir, dan tempat lainnya dikarenakan fasilitas drainase tidak didesain untuk mengalirkan air akibat intensitas hujan yang tinggi. (*Sumber: Suripin, 2004*)

Analisis ini dimaksudkan untuk mengetahui curah hujan rata-rata yang terjadi pada daerah tangkapan (*catchment area*) Sukolilo Dian Regency, yaitu dengan menganalisis data-data curah hujan harian maksimum yang didapat dari stasiun penakar hujan. Penentuan curah hujan rata-rata daerah dapat dihitung dengan beberapa metode yaitu : metode rata-rata aljabar, metode polygon thiessen, dan metode isohyet. Ketentuan pemilihan metode perhitungan curah hujan rata-rata dapat dilihat pada Tabel 2.1..

**Tabel 2.1. Pemilihan Metode Hujan Rata-Rata Berdasarkan Luas DAS**

LUAS DAS	PEMILIHAN METODE
DAS besar ( $>5000 \text{ km}^2$ )	Metode Isohyet
DAS sedang ( $500 - 5000 \text{ km}^2$ )	Metode Thiessen
DAS kecil ( $<500 \text{ km}^2$ )	Metode Rata-Rata Aljabar

**Tabel 2.2. Pemilihan Metode Hujan Rata-Rata Berdasarkan Topografi**

TOPOGRAFI DAS	PEMILIHAN METODE
Pegunungan	Metode Rata-Rata Aljabar
Dataran	Metode Thiessen
Berbukit tidak beraturan	Metode Isohyet

**Tabel 2.3. Pemilihan Metode Hujan Rata-Rata Berdasarkan Jumlah Pos Hujan**

JARING-JARING POS PENAKAR HUJAN	PEMILIHAN METODE
Jumlah pos penakar hujan cukup	Metode Isohyet, Thiessen atau rata-rata dapat dipakai
Jumlah pos penakar hujan terbatas	Metode rata-rata aljabar atau Thiessen
Jumlah pos penakar hujan tunggal	Metode hujan titik

(Sumber: Suripin, 2004)

### 2.2.1.1. Metode Rata-Rata Aljabar

Metode ini merupakan metode yang paling sederhana. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang sama. (cocok untuk kawasan dengan

topografi rata atau datar). Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P}{n} \quad (2.1)$$

(Sumber: Suripin, 2004)

Dimana:

- P : tinggi hujan rata-rata daerah (mm)  
 P<sub>n</sub> : tinggi hujan masing-masing stasiun (mm)  
 n : banyak pos penakar hujan

#### 2.2.1.2. Metode Poligon Thiessen

Metode ini dikenal sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Metode ini memberi batasan-batasan pada daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat (**Gambar 2.1**) sehingga membentuk poligon. Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos yang satu dengan yang lainnya adalah linier sehingga setiap pos penakar dalam kawasan terdekat dapat mewakili daerah tersebut.

(Sumber: Suripin, 2004)

Hasil metode polygon Thiessen lebih akurat dibandingkan dengan metode rata-rata aljabar. Cara ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500-5000 km<sup>2</sup>. Prosedur penerapan metode ini meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

- Tentukan pos penakar hujan yang air limpasannya akan berpengaruh pada kawasan yang akan ditinjau.
- Buat garis lurus antar pos penakar hujan sehingga pos penakar satu terhubung dengan pos penakar lain sehingga didapat segitiga-segitiga.
- Buat titik berat segitiga, lalu hubungkan ke titik tengah tiap sisi segitiga sampai membentuk suatu poligon yang

mengelilingi stasiun hujan. Untuk ilustrasi dapat dilihat pada **Gambar 2.1.**

- Selanjutnya, curah hujan pada setiap pos tersebut dianggap dapat terepresentasi oleh kawasan dalam poligon yang telah dibuat.
- Luas areal pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS, A, dapat diketahui dengan menjumlahkan semua luasan poligon. Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$P = \frac{P_1 \times A_1 + P_2 \times A_2 + \dots + P_n \times A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.2)$$

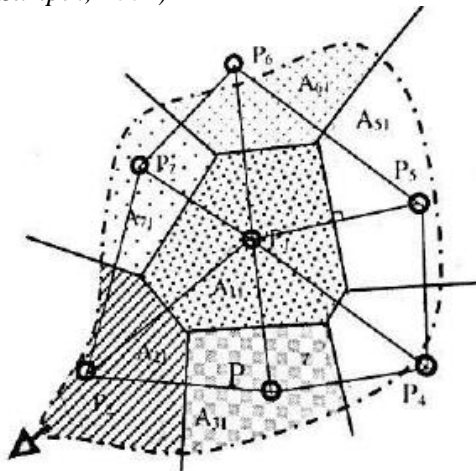
Dimana:

P : tinggi hujan rata-rata daerah (mm)

P<sub>n</sub> : tinggi hujan masing-masing stasiun (mm)

A<sub>n</sub> : luas daerah pengaruh stasiun penakar hujan masing masing (km<sup>2</sup>)

(Sumber: Suripin, 2004)



**Gambar 2.1. Metode Polygon Thiessen**

(Sumber: Suripin, 2004)

### 2.2.2.2. Metode Isohyet

Metode ini merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata, namun diperlukan keahlian dan pengalaman. Cara ini memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan. Dengan kata lain, saat metode thiessen secara acak menganggap bahwa tiap pos penakar hujan mencatat kedalaman yang sama, pada metode isohyet daerah sekitarnya dapat dikoreksi. Metode isohyet terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut :

- Plot kedalaman air hujan untuk tiap pos penakar hujan pada peta.
- Gambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air yang sama. Interval isohyet yang umum dipakai adalah 10 mm. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 2.2..
- Hitung luas area antara dua garis isohyet dengan menggunakan planimeter. Kalikan masing-masing luas areal dengan rata-rata hujan antara dua isohyet yang berdekatan. Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$P = \frac{A_1 \left( \frac{P_1 + P_2}{2} \right) + \dots + A_{n-1} \left( \frac{P_{n-1} + P_n}{2} \right)}{A_1 + \dots + A_{n-1}} \quad (2.3)$$

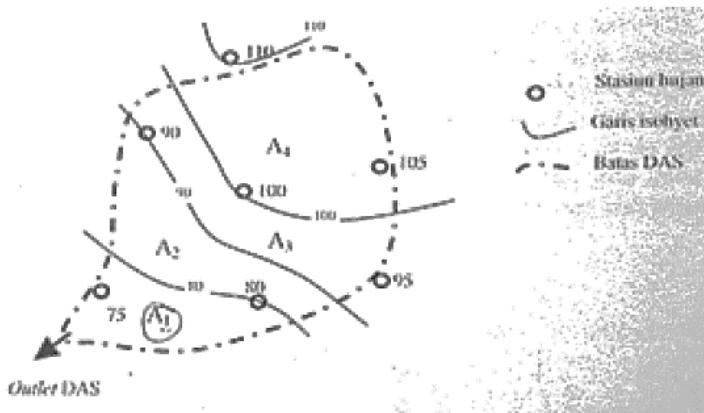
(Sumber: Suripin, 2004)

Dimana:

P : tinggi hujan rata-rata daerah (mm)

P<sub>n</sub> : tinggi hujan masing-masing stasiun (mm)

A<sub>n</sub> : luas daerah pengaruh stasiun penakar hujan masing masing (km<sup>2</sup>)



**Gambar 2.2. Metode Isohyet**  
(Sumber: Suripin, 2004)

### 2.2.2. Analisis Hujan Rencana

Pada dasarnya besarnya hujan rencana dipilih berdasar pada pertimbangan nilai urgensi dan nilai sosial ekonomi. Selain itu dalam perencanaan saluran drainase periode ulang (*return period*) yang dipergunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkapan hujan yang akan dikeringkan.

Periode ulang diartikan sebagai waktu yang diduga, dimana hujan atau debit dengan besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut. Namun hal ini bukan berarti bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap periode ulang tertentu.

(Sumber: Febriana, 2009)

Referensi pemilihan periode ulang untuk perencanaan drainase perkotaan dapat dilihat pada **Tabel 2.4.** berikut ini:

**Tabel 2.4. Periode ulang (tahun) untuk perencanaan saluran kota**

No.	Distribusi	PUH (Tahun)
1.	Saluran Tersier	
	Resiko Kecil	2
	Resiko Besar	5
2.	Saluran Sekunder	
	Resiko Kecil	5
	Resiko Besar	10
3.	Saluran Primer (Induk)	
	Resiko Kecil	10
	Resiko Besar	25
4.	Atau:	
	Luas DAS (25-50) Ha	5
	Luas DAS (50-100) Ha	5-10
	Luas DAS (100-1300) Ha	10-25
	Luas DAS (1300-6500) Ha	25-50

(Sumber: Sofia, 2006)

### 2.2.3. Analisis Distribusi Frekuensi

Analisis frekuensi adalah analisis mengenai pengulangan suatu kejadian untuk menetapkan besarnya hujan atau debit periode ulang tertentu dengan menggunakan metode perhitungan statistik, atau dengan kata lain sebelum menggunakan distribusi yang akan digunakan dalam menghitung hujan rencana maka perlu dilakukan perhitungan analisa frekuensi.

(Sumber: Febriana, 2009)

Dalam proses analisis distribusi frekuensi diperlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan, baik yang manual maupun otomatis. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa mendatang. Dengan anggapan

bahwa sifat statistik kejadian hujan di masa mendatang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan di masa lalu.

(Sumber: Suripin, 2004)

Dalam analisis data hidrologi diperlukan ukuran-ukuran numerik yang menjadi ciri data tersebut. Sembarang nilai yang menjelaskan ciri susunan data disebut parameter. Parameter yang digunakan dalam analisis susunan data dari suatu variabel disebut dengan parameter statistik, seperti nilai rerata, deviasi, dsb. Pengukuran parameter statistik yang sering digunakan dalam analisis data hidrologi meliputi pengukuran koefisien variasi, koefisien *skewness*, dan koefisien keruncingan.

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

Setiap parameter statistik tersebut dicari berdasarkan rumus :

1. Nilai Rata-rata (*Mean*)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (2.4)$$

(Sumber : Soewarno, 1995)

Dimana :

$\bar{X}$  : nilai rata-rata curah hujan (mm)  
 $X$  : nilai curah hujan (mm)  
 $n$  : jumlah data curah hujan

2. Deviasi Standar (*Standard deviation*)

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (2.5)$$

(Sumber : Soewarno, 1995)

Dimana :

$S$  : standar deviasi curah hujan  
 $\bar{X}$  : nilai rata-rata curah hujan (mm)



X : nilai curah hujan (mm)  
 n : jumlah data curah hujan

### 3. Koefisien Variasi (*Coefficien of Variation*)

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2.6)$$

(Sumber : Soewarno, 1995)

Dimana :

Cv : koefisien variasi curah hujan  
 S : standar deviasi curah hujan  
 $\bar{X}$  : nilai rata-rata curah hujan (mm)

### 4. Koefisien Kemencengan (*Coefficient of Skewness*)

$$C_s = \frac{\sum (X - \bar{X})^3 \times n}{(n-1) \times (n-2) \times S^3} \quad (2.7)$$

(Sumber : Soewarno, 1995)

Dimana :

Cs : koefisien kemencengan curah hujan  
 S : standar deviasi curah hujan  
 $\bar{X}$  : nilai rata-rata curah hujan (mm)  
 X : nilai curah hujan (mm)  
 n : jumlah data curah hujan

### 5. Koefisien Ketajaman (*Coefficient of Kurtosis*)

Koefisien ketajaman digunakan untuk mengukur keruncingan bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

$$C_k = \frac{\sum (X - \bar{X})^4 \times n^2}{(n-1) \times (n-2) \times (n-3) \times S^4} \quad (2.8)$$

(Sumber : Soewarno, 1995)

Dimana :

- Ck : koefisien kurtosis curah hujan  
 S : standar deviasi curah hujan  
 $\bar{X}$  : nilai rata-rata curah hujan (mm)  
 X : nilai curah hujan (mm)  
 n : jumlah data curah hujan

Perhitungan curah hujan rencana dihitung dengan analisis distribusi frekuensi. Tujuan dari analisis distribusi frekuensi data hidrologi adalah mencari hubungan antara besaran kejadian ekstrim (curah hujan maksimum harian) terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi frekuensi. Distribusi frekuensi yang biasa digunakan diantaranya adalah distribusi normal, distribusi log normal, distribusi gumbel, distribusi log pearson type III.

Setiap distribusi memiliki syarat-syarat parameter statistik. Adapun syarat-syarat parameter statistik adalah :

- Distribusi Log Normal mempunyai harga  $C_s > 0$ .
- Distribusi Log Pearson type III mempunyai harga  $C_s$  fleksibel.
- Distribusi Normal mempunyai harga  $C_s = 0$  dan  $C_k = 3$ .
- Distribusi Gumbel mempunyai harga  $C_s = 1.139$  dan  $C_k = 5.402$ .

(Sumber: Febriana, 2009)

### 2.2.3.1. Metode Distribusi Normal.

Metode ini disebut juga distribusi Gauss. Perhitungan ini menggunakan persamaan:

$$X = \bar{X} + K \times S \quad (2.9)$$

(Sumber : Suripin, 2004)

Dimana :

- $\bar{X}$  : nilai rata-rata  
 S : standar deviasi

**K** : faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

Nilai faktor frekuensi (**K**) umumnya sudah tersedia dalam tabel untuk mempermudah perhitungan, tabel ini umum disebut sebagai tabel nilai variabel reduksi gauss (*Variable Reduced Gauss*). Tabel nilai variabel reduksi gauss dapat dilihat pada **Tabel 2.5.** dibawah ini.

**Tabel 2.5. Tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss**

Periode Ulang (Tahun)	Peluang	K
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,01	0,99	-2,33
1,05	0,95	-1,64
1,11	0,9	-1,28
1,25	0,8	-0,84
1,33	0,75	-0,67
1,43	0,7	-0,52
1,67	0,6	-0,25
2	0,5	0
2,5	0,4	0,25
3,33	0,3	0,52
4	0,25	0,67
5	0,2	0,84
10	0,1	1,28
20	0,05	1,64
50	0,2	2,05
100	0,01	2,33

(Sumber: Soewarno, 1995)

### 2.2.3.2. Metode Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal, merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah varian X menjadi nilai logaritmik varian X. Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Log}X = \text{Log}\bar{X} + K \times S\text{Log}\bar{X} \quad (2.10)$$

(Sumber: Soewarno, 1995)

Dimana :

Log X : logaritma curah hujan untuk periode tertentu

Log $\bar{X}$  : hujan rata-rata dari logaritmik data

SLog $\bar{X}$  : standar deviasi logaritmik

K : faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang. Nilai K dapat dilihat pada tabel nilai variabel reduksi Gauss.

### 2.2.3.3. Metode Distribusi Gumbel

Perhitungan hujan rencana dengan metode distribusi gumbel adalah :

$$X_T = X + K \times S$$

$$X_T = X + S \times \left( \frac{Y_T - Y_N}{S_n} \right)$$

$$Y_T = -\ln \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]$$

(2.11)

(Sumber: Soemarto 1995)

Dimana

$X_T$  : nilai hujan rencana yang terjadi dengan periode ulang T-tahunan (mm)

X : nilai rata-rata hitung (mm)

S : deviasi standart

$Y_{TR}$  : nilai reduksi variant dari variable yang diharapkan terjadi pada periode ulang T tahun. (**Tabel 2.6**)

$Y_n$  : nilai rata-rata dari reduksi variant, nilai tergantung pada jumlah data (**Tabel 2.7**)

$S_n$  : nilai deviasi standart reduksi varian, nilai tergantung pada jumlah data (**Tabel 2.8**)

$K$  : faktor frekuensi

**Tabel 2.6. Reduce Variate,  $Y_{tr}$**

<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>Reduce Variate (<math>Y_{tr}</math>)</b>
2	0,3668
5	1,5004
10	2,251
20	2,9709
25	3,1993
50	3,9028
100	4,6012

(Sumber: Soemarto, 1995)

**Tabel 2.7. Hubungan Reduksi Data Rata-rata ( $Y_n$ ) dengan Jumlah Data ( $n$ )**

N	$y_n$	n	$y_n$	n	$y_n$	n	$y_n$
10	0,4952	34	0,5396	58	0,5515	82	0,5672
11	0,4996	35	0,5402	59	0,5518	83	0,5574
12	0,5035	36	0,5410	60	0,5521	84	0,5576
13	0,5070	37	0,5418	61	0,5524	85	0,5578
14	0,5100	38	0,5424	62	0,5527	86	0,5580
15	0,5128	39	0,5430	63	0,5530	87	0,5581
16	0,5157	40	0,5436	64	0,5533	88	0,5583
17	0,5181	41	0,5442	65	0,5535	89	0,5585
18	0,5202	42	0,5448	66	0,5538	90	0,5586
19	0,5220	43	0,5453	67	0,5540	91	0,5587
20	0,5236	44	0,5458	68	0,5543	92	0,5589
21	0,5252	45	0,5463	69	0,5545	93	0,5591
22	0,5268	46	0,5468	70	0,5548	94	0,5592
23	0,5283	47	0,5473	71	0,5550	95	0,5593
24	0,5296	48	0,5477	72	0,5552	96	0,5595
25	0,5309	49	0,5481	73	0,5555	97	0,5596
26	0,5320	50	0,5485	74	0,5557	98	0,5598
27	0,5332	51	0,5489	75	0,5559	99	0,5599
28	0,5343	52	0,5493	76	0,5561	100	0,5600
29	0,5353	53	0,5497	77	0,5563		
30	0,5362	54	0,5501	78	0,5565		
31	0,5371	55	0,5504	79	0,5567		
32	0,5380	56	0,5508	80	0,5569		
33	0,5388	57	0,5511	81	0,5570		

(Sumber: Soewarno, 1995)

**Tabel 2.8. Hubungan Deviasi Standar ( $S_n$ ) dan Reduksi Data dengan Jumlah Data ( $n$ )**

<b>n</b>	<b><math>S_n</math></b>	<b>n</b>	<b><math>S_n</math></b>	<b>n</b>	<b><math>S_n</math></b>	<b>n</b>	<b><math>S_n</math></b>
10	0,9496	33	1,1226	56	1,1696	79	1,1930
11	0,9676	34	1,1255	57	1,1708	80	1,1938
12	0,9833	35	1,12865	58	1,1721	81	1,1945
13	0,9971	36	1,1313	59	1,1734	82	1,1953
14	1,0095	37	1,1339	60	1,1747	83	1,1959
15	1,0206	38	1,1363	61	1,1759	84	1,1967
16	1,0316	39	1,1388	62	1,1770	85	1,1973
17	1,0411	40	1,1413	63	1,1782	86	1,1987
18	1,0493	41	1,1436	64	1,1793	87	1,1987
19	1,0565	42	1,1458	65	1,1803	88	1,1994
20	1,0628	43	1,1480	66	1,1814	89	1,2001
21	1,0696	44	1,1499	67	1,1824	90	1,2007
22	1,0754	45	1,1519	68	1,1834	91	1,2013
23	1,0811	46	1,1538	69	1,1844	92	1,2020
24	1,0864	47	1,1557	70	1,1854	93	1,2026
25	1,0915	48	1,1574	71	1,1854	94	1,2032
26	1,0861	49	1,1590	72	1,1873	95	1,2038
27	1,1004	50	1,1607	73	1,1881	96	1,2044
28	1,1047	51	1,1623	74	1,1890	97	1,2049
29	1,1086	52	1,1638	75	1,1898	98	1,2055
30	1,1124	53	1,1658	76	1,1906	99	1,2060
31	1,1159	54	1,1667	77	1,1915	100	1,2065
32	1,1193	55	1,1681	78	1,1923		

(Sumber: Soewarno, 1995)

#### 2.2.3.4. Metode Distribusi Log Person Type III

Perhitungan hujan rencana dengan metode Log Pearson Type III langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

- Menentukan logaritma dari semua nilai variat X
- Menghitung nilai rata-rata dengan persamaan :

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{\sum \text{Log}X}{n} \quad (2.12)$$

- Menghitung harga standart deviasi dengan persamaan:

$$S\text{Log}X = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log}X_i - \text{Log}\bar{X})^2}{n - 1}} \quad (2.13)$$

- Menghitung koefisien kemencengan (koefisien skewness) dengan persamaan sebagai berikut:

$$C_s = \frac{n \sum (\text{Log}X_i - \text{Log}\bar{X})^3}{(n - 1) \times (n - 2) \times (S\text{Log}X)^3} \quad (2.14)$$

- Menghitung logaritma curah hujan harian maksimum dengan kala ulang yang dikehendaki dengan persamaan (K dapat dilihat pada **Tabel 2.9**):

$$\text{Log}X = \text{Log}\bar{X} + K \times S\text{Log}\bar{X} \quad (2.15)$$

- Menentukan anti log dari log X, untuk mendapat nilai X yang diharapkan terjadi pada tingkat peluang atau periode tertentu sesuai dengan nilai  $C_s$  nya.

(Sumber: Soewarno, 1995)



**Tabel 2.9. Nilai K Berdasarkan Cs**

Koef. G (Cs)	Interval Kejadian ( <i>Recurrence interval</i> ), tahun (periode ulang)							
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui ( <i>Percent chance of being exceeded</i> )							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3.0	-0.667	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051
2.8	-0.714	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973
2.6	-0.769	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889
2.4	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800
2.2	-0.905	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705
2.0	-0.990	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605
1.8	-1.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499
1.6	-1.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388
1.4	-1.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271
1.2	-1.449	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149
1.0	-1.588	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022
0.8	-1.733	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891
0.6	-1.880	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755
0.4	-2.029	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615
0.2	-2.178	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472
0.0	-2.326	-0.842	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326
-0.2	-2.472	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178
-0.4	-2.615	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029
-0.6	-2.755	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880
-0.8	-2.891	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733
-1.0	-3.022	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588
-1.2	-2.149	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449
-1.4	-2.271	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318
-1.6	-2.388	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197
-1.8	-3.499	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087
-2.0	-3.605	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990
-2.2	-3.705	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905
-2.4	-3.800	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832
-2.6	-3.889	-0.490	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769
-2.8	-3.973	-0.469	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714
-3.0	-7.051	-0.420	0.396	0.636	0.666	0.666	0.666	0.667

(Sumber: Soewarno, 1995)

### 2.2.4. Uji Kesesuaian Distribusi

Diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat mewakili distribusi frekuensi tersebut. Pengujian ini biasanya dengan uji kesesuaian yang dilakukan dengan dua cara yaitu:

#### 2.2.4.1. Uji Chi Kuadrat

Metode ini dimaksudkan menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih telah mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Uji Chi Kuadrat ini menggunakan parameter  $X^2$ , dimana metode ini diperoleh berdasarkan rumus:

$$X^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$$G = 1 + 3,322 \log(n)$$

$$Dk = G - R - 1$$

$$P(Xm) = \frac{m}{n + 1}$$

$$T = \frac{n + 1}{m}$$

(2.16)

Dimana :

- $X^2$  : parameter chi kuadrat terhitung
  - $O_i$  : jumlah nilai pengamatan
  - $E_i$  : jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i
  - $G$  : jumlah sub kelompok
  - $Dk$  : derajat kebebasan
  - $R$  : konstanta ( $R=2$  untuk distribusi normal dan binomial serta  $R=1$  untuk distribusi poisson)
  - $P$  : peluang
  - $n$  : jumlah data (lama pengamatan)
  - $m$  : no urut kejadian
- (Sumber : Soewarno 1995)

Prosedur pengujian Chi Kuadrat:

- Urutkan data pengamatan dari yang besar ke kecil atau sebaliknya.
- Kelompokkan data menjadi G sub grup, tiap-tiap sub grup minimal 4 data pengamatan.
- Jumlahkan data pengamatan sebesar  $O_i$  (jumlah nilai pengamatan) tiap-tiap grup.
- Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar  $E_i$ .
- Tiap-tiap sub grup hitung nilai  $(O_i - E_i)^2$  dan  $X^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
- Jumlah seluruh G sub grup nilai  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$  untuk menentukan nilai chi kuadrat hitung.
- Tentukan chi kritis berdasarkan derajat kebebasan (Dk) (nilai  $R = 2$ , untuk distribusi normal dan binomial, dan nilai  $R = 1$ , untuk distribusi poisson). Tabel derajat kebebasan dapat dilihat pada **Tabel 2.10**.
- Nilai chi kuadrat hitung harus lebih kecil daripada nilai chi kritis.

Interprestasi hasilnya adalah :

- Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi yang digunakan dapat diterima.
- Apabila peluang lebih kecil 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.
- Apabila peluang berada antara 1- 5%, tidak mungkin mengambil keputusan, misalnya perlu tambahan data

(Sumber: Soewarno, 1995)

**Tabel 2.10. Derajat Kepercayaan Uji Chi-Kuadrat**

<i>dk</i>	<i>α derajat kepercayaan</i>							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,00000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,278	9,210	10,597
3	0,00717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,212	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

(Sumber: Soewarno, 1995)

**2.2.4.2. Uji Smirnov Kolmogorov**

Uji kecocokan ini disebut juga sebagai uji kecocokan non parameter, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Adapun pengujiannya sebagai berikut:

- Urutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.
- Tentukan nilai masing-masing peluang teoritisnya dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).
- Dari kedua nilai peluang tersebut, tentukan selisih tersebarnya antara peluang pengamatan dengan teoritisnya.

$$D = \{ P' (x) - P (x) \}$$

Dimana :

$D$  : selisih terbesar antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis

$P (X <)$  : peluang dari masing-masing data

$P' (X <)$  : peluang teoritis dari masing-masing data

- Berdasarkan tabel nilai kritis (**Tabel 2.11**) tentukan harga  $D_o$ .
  - Apabila  $D < D_o$ , maka distribusi teoritis dapat diterima
  - Apabila  $D > D_o$ , maka distribusi teoritis tidak dapat diterima.

**Tabel 2.11. Nilai Kritis ( $D_o$ ) untuk Uji Smirnov Kolmogorov**

N	$\alpha$ derajat kepercayaan			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N > 50	$\frac{1,077}{\sqrt{N^{0,5}}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{N^{0,5}}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{N^{0,5}}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{N^{0,5}}}$

(Sumber: Soewarno, 1995)

### 2.2.5. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran (run-off coefficient) adalah perbandingan besarnya aliran hujan atau limpasan di atas permukaan tanah (surface run-off) terhadap intensitas curah hujan. Koefisien pengaliran bergantung pada tata guna lahan daerah aliran, kemiringan lahan, jenis dan kondisi tanah daerah aliran. Semakin besar koefisien pengaliran, maka semakin besar adanya limpasan air pada permukaan tanah.

(Sumber: Febriana, 2009)

Pemilihan koefisien pengaliran harus memperhitungkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan dikemudian hari. Koefisien pengaliran mempunyai nilai antara, dan sebaiknya nilai pengaliran untuk analisis digunakan nilai yang terbesar atau nilai yang maksimum. Untuk menentukan koefisien rata – rata (C) dengan berbagai kondisi permukaan dapat dihitung atau ditentukan dengan cara berikut:

$$C = \frac{C_i \times A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.17)$$

Dimana:

C : koefisien pengaliran dari daerah aliran (dapat dilihat pada **Tabel 2.12**)

A<sub>i</sub> : luas masing-masing tata guna lahan (km<sup>2</sup>)

C<sub>i</sub> : koefisien pengaliran sesuai dengan jenis permukaan

A : luas total daerah pengaliran (km<sup>2</sup>)

(Sumber: Soewarno, 1995)

**Tabel 2.12. Koefisien Pengaliran (C)**

<b>Komponen Bahan</b>	<b>Koefisien C (%)</b>
Jalan aspal	70-95
Jalan beton	80-95
Jalan bata/paving	70-85
Atap	75-95
Lahan berumput	
Tanah berpasir, landai (2%)	5-10
Tanah berpasir, curam (7%)	15-20
Tanah berat, landai (2%)	13-17
Tanah berat, curam (7%)	25-35
Lahan	
Penting, padat	70-95
Kurang padat	50-70
Area industri	
Ringan	50-80
Berat	60-90
Taman dan makam	10-25
Taman bermain	20-35
lahan kosong/ terlantar	10-30

(Sumber: Suripin, 2004)

### 2.2.6. Perhitungan Waktu Konsentrasi (Tc)

Waktu konsentrasi ( $t_c$ ) merupakan waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir dari titik terjauh pada lahan daerah aliran hingga masuk pada saluran terdekat sehingga sampai pada titik yang ditinjau (inlet). Ilustrasi perhitungan waktu konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 2.3. Perhitungan waktu konsentrasi ini mempengaruhi besar kecilnya nilai dari intensitas hujan ( $I$ ) yang terjadi. Besarnya nilai intensitas hujan ( $I$ ) berbanding lurus dengan besar kecilnya debit ( $Q$ ) pada saluran, sehingga berpengaruh besar pada besar kecilnya dimensi saluran. Waktu konsentrasi dihitung dengan persamaan:

$$t_c = t_o + t_f \quad (2.18)$$

Dimana:

$t_c$  : waktu konsentrasi (menit)

$t_o$  : waktu yang dibutuhkan untuk mengalir di permukaan untuk mencapai inlet (menit)

$t_f$  : waktu yang diperlukan untuk mengalir di sepanjang saluran (menit)

### 2.2.6.1. Pengaliran pada Lahan ( $T_0$ )

Pada pengaliran lahan (overland flow) pada umumnya banyak menggunakan persamaan Kirby yang menghubungkan antara jarak, koefisien kekasaran, dan kemiringan medan.

$$t_0 = 1,44 \times \left( \frac{N \times L}{S^{0,5}} \right)^{0,467} \quad (2.19)$$

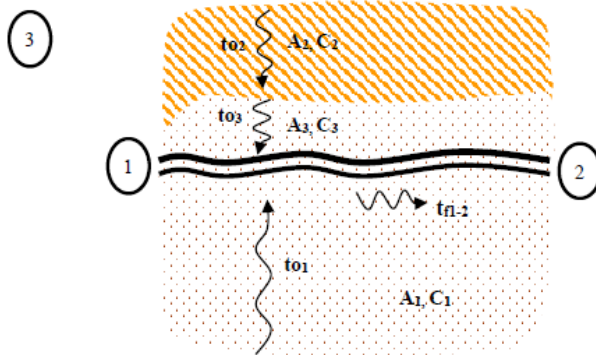
Dengan  $l \leq 400$  meter

Dimana:

$L$  : jarak dari titik terjauh ke inlet (m)

$n$  : koefisien setara koefisien kekasaran (dapat dilihat pada **Tabel 2.13**)

$s$  : kemiringan medan



**Gambar 2.3. Lintasan Aliran Waktu  $T_o$  dan  $T_f$**   
(Sumber: Sofia, 2006)



**Tabel 2.13. Harga Koefisien Hambatan (nd)**

<b>Jenis Permukaan</b>	<b>nd</b>
Lapisan semen dan aspal beton	0,013
Permukaan licin dan kedap air	0,02
Permukaan licin dan kokoh	0,1
Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,2
Padang rumput dan rerumputan	0,4
Hutan gundul	0,6
Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,8

(Sumber: Sofia, 2006)

Panjang rata-rata dari aliran pemukiman dan kemiringan lahan dapat dihitung dari peta. Panjang aliran permukaan untuk *catchment* simetrik dapat dihitung dengan persamaan:

$$Panjang = \frac{Luas DAS}{2 \times panjang saluran} \quad (2.20)$$

Sedang untuk daerah aliran satu sisi, panjang aliran permukaan dapat dihitung:

$$Panjang = \frac{Luas DAS}{panjang saluran} \quad (2.21)$$

Kemiringan dari aliran permukaan adalah kemiringan rata-rata permukaan dari ujung daerah aliran ke saluran utama.

### 2.2.6.2. Pengaliran Pada Saluran (Tf)

$$tf = \frac{L}{60 \times V} \quad (2.22)$$

Dimana:

- tf : waktu pengaliran pada saluran (menit)  
 L : panjang saluran yang dilalui oleh air (m)  
 V : kecepatan aliran air pada saluran (m/detik)

### 2.2.7. Perhitungan Intensitas Hujan (I)

Langkah awal dalam perencanaan sistem drainase adalah penentuan besarnya debit yang harus diperhitungkan. Besarnya debit (banjir) perencanaan ditentukan oleh intensitas hujan yang terjadi. Hubungan antara intensitas hujan dan durasi hujan dapat dihitung dengan beberapa perumusan, antara lain adalah dengan rumus Talbot (1881), Sherman (1905), dan Ishiguro (1952), dimana ketiganya digunakan saat curah hujan berjangka pendek. Satuan untuk waktu (t) adalah menit dan untuk intensitas dalam millimeter per jam (mm/jam). Rumus lainnya dikembangkan oleh Mononobe yang menggunakan data hujan harian dimana satuan waktu (t) dalam jam dan satuan intensitas dalam millimeter per jam (mm/jam). Besarnya intensitas curah hujan berbeda-beda disebabkan oleh lamanya curah hujan atau frekuensi lainnya.  
*(Sumber: Febriana, 2009)*

Dalam Tugas Akhir ini, metode perhitungan intensitas hujan yang digunakan yaitu Metode Mononobe karena data yang tersedia adalah data curah hujan harian maksimum tiap tahun. Perhitungan Mononobe yang digunakan untuk mendapatkan intensitas ditunjukkan dibawah ini:

$$It = \frac{R24}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.23)$$

Dimana:

- It : intensitas hujan untuk lama hujan t jam (mm/jam)

t : durasi hujan (jam)  
 R<sub>24</sub> : curah hujan maksimum selama 24 jam

### 2.2.8. Perhitungan Debit Rencana (Q)

Debit Rencana adalah debit maksimum rencana yang akan mengalir pada saluran drainase untuk mengetahui dan mencegah terjadinya genangan. Menentukan debit rencana pada umumnya dapat dihitung dengan metode rasional, atau metode hidrogaf satuan.

Metode rasional dibuat dengan mempertimbangkan bahwa banjir berasal dari hujan yang mempunyai intensitas curah hujan seragam dan merata diseluruh DAS. Metode rasional ini pada umumnya banyak digunakan untuk menghitung debit banjir pada daerah aliran sungai yang tidak terlalu luas dengan batasan hingga luas kurang dari 300 ha.

(Suripin, 2004)

Persamaan matematik metode rasional dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (2.24)$$

Keterangan :

Q : Debit banjir rencana (m<sup>3</sup>/dt)  
 C : Koefisien run-off  
 I : Intensitas hujan (mm/jam)  
 A : Catchment area (km<sup>2</sup>)

(Suripin, 2004)

## 2.3. Analisis Hidrolika Tahap Evaluasi

### 2.3.1. Pendahuluan

Pada saluran drainase terbuka untuk buangan air hujan, inflow yang masuk pada setiap ruas saluran menerima kapasitas yang berbeda tergantung pada luas *catchment area* yang dilayani.

Pada pengaplikasiannya, untuk menentukan dimensi saluran, perhitungan disederhanakan dengan menganggap aliran adalah tetap (steady) sepanjang saluran. Namun demikian hal tersebut tidak dapat diterapkan untuk debit yang besar, karena pengaruh gelombang banjir, atau kemungkinan terjadinya *water hammer* tidak dapat diabaikan.

(Sumber: Sofia, 2006)

Hal-hal yang perlu ditinjau pada analisis hidrolika alam evaluasi penampang saluran drainase adalah:

- Dimensi saluran.
- Kondisi elevasi muka air pada saluran pembuang akhir (outlet).
- Perencanaan hidrolis bangunan bantu.

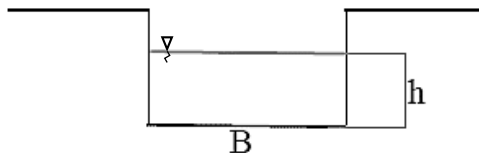
### 2.3.2. Perencanaan Saluran Drainase

Kapasitas saluran didefinisikan sebagai debit maksimum yang mampu dilewatkan oleh setiap penampang sepanjang saluran. Kapasitas saluran ini digunakan sebagai acuan untuk menyatakan apakah debit yang direncanakan tersebut mampu untuk ditampung oleh saluran pada kondisi eksisting tanpa terjadi peluapan air.

(Sumber: Anggrahini, 2005)

Perencanaan saluran terbuka berpenampang persegi (ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 2.4) adalah sebagai berikut: Bentuk ini cocok dipakai jika:

- Lahan yang tersedia relatif sempit.
- Terbuat dari dinding beton.



**Gambar 2.4. Penampang Bentuk Persegi**

(Sumber: Penulis, 2018)

Jika B adalah lebar dasar saluran dan h adalah kedalaman air (**Gambar 2.4**), maka luas penampang basah A dan keliling basah P dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A &= Bxh \\ P &= B + 2h \\ B &= 2h \end{aligned} \quad (2.25)$$

Jari-jari hidraulik R:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{Bh}{B + 2h} \quad (2.26)$$

Perencanaan dimensi saluran harus memperhatikan kapasitas yang harus ditampung oleh saluran. Dimana debit yang mampu ditampung ( $Q_s$ ) harus lebih besar atau sama dengan debit rencana yang diakibatkan oleh hujan rencana ( $Q_T$ ). Kondisi demikian dapat dirumuskan dalam persamaan berikut:

$$Q_s \geq Q_T$$

Debit yang mampu ditampung oleh saluran ( $Q_s$ ) dapat diperoleh dengan rumus seperti dibawah ini:

$$Q_s = A_s \cdot V \quad (2.27)$$

Dimana:

$A_s$  : Luas penampang saluran ( $m^2$ )

$V$  : Kecepatan rata-rata aliran di dalam saluran (m/detik)

Kecepatan rata-rata aliran di dalam saluran, dapat dihitung dengan menggunakan rumus Manning sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \\ R &= \frac{A_s}{P} \end{aligned} \quad (2.28)$$

Dimana:

$V$  : Kecepatan rata-rata aliran di dalam saluran (m/det)

$n$  : Koefisien kekasaran Manning (**Tabel 2.14** dan **2.15**)

- R : Jari-jari hidrolis (m)  
 S : Kemiringan dasar saluran  
 As : Luas penampang saluran (m<sup>2</sup>)  
 P : Keliling basah saluran (m)

**Tabel 2.14. Tabel Koefisien Kekasaran Manning (n)**

<b>Material saluran Manning</b>	<b>n</b>
Saluran tanpa pasangan	
Tanah	0,020-0,025
Pasir dan kerikil	0,025-0,040
Dasar saluran batuan	0,025-0,035
Saluran dengan pasangan	0,015-0,017
Semen mortar	0,011-0,015
Beton	
Pasangan batu adukan basah	0,022-0,026
Pasangan batu adukan kering	0,018-0,022
Saluran pipa	0,011-0,015
Pipa beton sentrifugal	0,011-0,015
Pipa beton	
Pipa beton bergelombang	0,011-0,015
Liner plates	0,013-0,017
Saluran terbuka	
Saluran dengan plengsengan	
Aspal	0,013-0,017
Pasangan bata	0,012-0,018

(Sumber: Sofia, 2006)

**Tabel 2.15. Lanjutan Tabel Koefisien Kekasaran Manning (n)**

<b>Material saluran Manning</b>	<b>n</b>
Beton	0,011-0,020
Riprap	0,020-0,035
Tumbuhan	0,030-0,040
Saluran galian	
Earth, straight and uniform	0,020-0,030
Tanah, lurus dan seragam	0,025-0,010
Tanah cadas	0,030-0,015
Saluran tak terpelihara	0,050-0,14
Saluran alam (sungai kecil, lebar atas saat banjir < 3 m)	
Penampang agak teratur	0,03-0,070
Penampang tak teratur dengan palung sungai	0,010-0,100

(Sumber: Sofia, 2006)

Kecepatan aliran dalam saluran hendaknya tidak menyebabkan terjadinya pengendapan, erosi, dan tumbuhnya tanaman pengganggu. Faktor yang paling mempengaruhi kecepatan aliran dalam saluran adalah faktor kemiringan. Kecepatan minimum yang disarankan:

- Saluran tanah kecil : 0,40 m/det
- Saluran tanah sedang s/d besar : 0,60-0,90 m/det
- Pipa : 0,60-0,75 m/det

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

Sedang untuk kecepatan maksimum yang disarankan dapat dilihat pada **Tabel 2.16** berdasarkan jenis materialnya.

**Tabel 2.16. Kecepatan maksimum aliran**

<b>Jenis Material</b>	<b>Kecepatan Ijin (m/detik)</b>
Pasir halus	0,45
Lempung kepasiran	0,50
Lanau alluvia	0,60
Kerikil halus	0,75
Lempung kokoh	0,75
Lempung padat	1,10
Kerikil kasar	1,20
Batu-batu besar	1,50
Pasangan batu	1,50
Beton	1,50
Beton bertulang	1,50

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

Tinggi jagaan (W) berfungsi untuk memberikan ruang bebas di atas muka air maksimum. Hal tersebut diperlukan bila sewaktu-waktu terjadi hal-hal seperti:

- Gelombang karena angin.
- Terjadinya aliran balik loncatan air.
- Sedimentasi atau peningkatan koefisien kekasaran.
- Kesalahan operasi bangunan air di saluran.

Besarnya tinggi jagaan dapat dilihat dalam **Tabel 2.17**.

**Tabel 2.17. Tinggi jagaan berdasarkan jenis saluran**

<b>Jenis Saluran</b>	<b>Tinggi Jagaan (m)</b>
Saluran tersier	0,10-0,20
Saluran sekunder	0,20-0,40
Saluran primer	0,40-0,60
Sungai-sungai	1,00

(Sumber: Sofia, 2006)



## 2.4. Analisis Hidrolika Tahap Perencanaan

Operasi sistem drainase mempunyai dua pengertian, yaitu dalam arti luas dan dalam arti sempit. Dalam arti luas operasi sistem drainase adalah suatu usaha untuk memanfaatkan prasarana drainase secara optimal. Sedangkan dalam arti sempit operasi sistem drainase adalah pengaturan bangunan yang berkaitan dengan drainase, seperti kolam tampung, stasiun pompa, pintu air, lubang kontrol (*manhole*), box culvert, gorong-gorong, dan lain lain untuk mengeluarkan air dari kawasan atau lahan yang dilindungi, dan mengalirkan air ke saluran pembuang (penerima) dan/ atau muara.

(Sumber: Suripin, 2004)

### 2.4.1. Perencanaan Kolam Tampung

Perencanaan kolam tampung dalam sistem drainase Sukolilo Dian Regency berfungsi untuk menampung air hujan sementara saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi terjadi dan bersamaan dengan adanya pengaruh pasang pada saluran sekunder.

Prinsip pengoperasian kolam tampung meliputi hubungan antara *inflow* (I, aliran masuk ke kolam tampungan dari saluran drainase) dan *outflow* (O, aliran keluar menuju saluran pembuang). Perhitungan yang dilakukan untuk menganalisis pengoperasian kolam tampung adalah dengan penelusuran banjir atau disebut *flood routing*. Penelusuran banjir didefinisikan sebagai upaya prakiraan corak banjir pada bagian hilir berdasarkan corak banjir di daerah hulu (sumbernya). Oleh karena itu dalam kajian hidrologi penelusuran banjir (*flood routing*) dan penyelidikan banjir (*flood tracing*) digunakan untuk peramalan banjir dan pengendalian banjir.

(Sumber: Tikno, 2002)

Pada penelusuran saluran (*stream routing*) fungsi tampungan merupakan masukan dan keluaran pada saluran menuju kolam tampung, sedangkan pada penelusuran reservoir (*reservoir*

*routing*) tampungan hanya tergantung dari keluaran sistem drainase menuju kolam tampung dengan persamaan sebagai berikut:

$$I = O + \Delta S \quad (2.29)$$

Dimana:

$\Delta S$  : perubahan tampungan tiap periode ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

O : keluaran (*outflow*)

I : masukan (*inflow*)

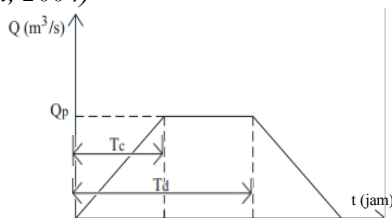
Saat aliran masuk dan aliran keluar diketahui, maka dapat dihitung perubahan tampungan yang berarti total tampungan dapat dihitung (seperti perhitungan 2.29). Dengan diketahui tampungan total, maka elevasi muka air dapat diketahui sehingga debit yang keluar dari ambang spillway dapat dihitung.

(Sumber: Wisdayati, 2013)

#### 2.4.1.1. Perencanaan Dimensi Kolam Tampung

Analisis dimensi kolam tampung menggunakan perhitungan hidrograf satuan. Hidrograf dapat didefinisikan sebagai hubungan antara salah satu unsur asliran terhadap waktu. Sedangkan hidrograf satuan adalah hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh hujan efektif yang terjadi merata di seluruh DAS dan dengan intensitas tetap selama satu satuan waktu yang ditetapkan yang disebut hujan satuan. Sedangkan definisi hujan efektif adalah bagian hujan yang menyebabkan terjadinya aliran permukaan.

(Sumber: Suripin, 2004)



**Gambar 2.5. Hidrograf Satuan Kolam Tampung**

(Sumber: Penulis, 2018)

Yang perlu diperhatikan dalam metode hidrograf satuan adalah hujan efektif, aliran dasar, dan hidrograf limpasan. Dalam menentukan besarnya banjir dengan hidrograf satuan diperlukan data hujan jam-jaman. Metode ini mencari hubungan antara limpasan permukaan dan hujan sebagai penyebabnya (walaupun sudah jelas terlihat bahwa kuantitas dan intensitas hujan mempunyai pengaruh langsung terhadap hidrograf) maka dengan hidrograf satuan dapat dijelaskan hubungannya, dan besar pengaruh hujan efektif terhadap limpasan permukaan.  
(Sumber: SNI 2415, 2016)

Hujan efektif didapat dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$R_t = \frac{R_{24}}{\text{lama hujan}} \times \left( \frac{\text{lama hujan}}{\text{Jam ke } t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$R'_t = t \times R_t - (t-1) \times R_{(t-1)}$$

**(2.30)**

Dimana lama hujan didapat dari durasi hujan berlangsung di catchment area. Sedangkan  $R_t$  adalah tinggi hujan efektif pada jam yang ditinjau.

Debit limpasan perumahan ditampung dikolam pada jangka waktu tertentu dimana volume aliran merupakan luas bidang trapesium (**Gambar 2.5**) rumus:

$$V = td \times Qp$$

**(2.31)**

Dimana:

$Q$  = Debit ( $m^3/detik$ )

$T_c$  = Waktu konsentrasi

$T_d$  = Asumsi lama hujan (lama air ditampung dalam kolam)

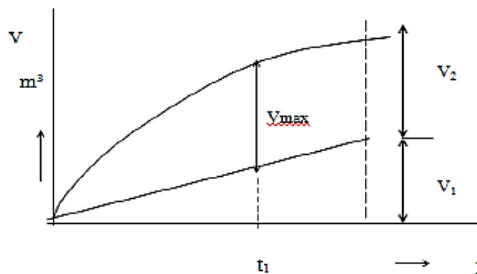
$Q_p$  = Laju aliran (debit puncak) ( $m^3/detik$ )

(Sumber: Sofia, 2006)

### 2.4.1. Perencanaan Pompa Air

Pada daerah datar seperti daerah Surabaya sering menghadapi kondisi saluran drainase mempunyai pembuangan di badan air yang elevasi muka airnya berfluktuasi. Saluran drainase yang membuang langsung ke laut dipengaruhi oleh pasang surut, sedangkan drainase yang membuang ke banjir kanal dipengaruhi oleh tinggi banjir. Pada kondisi air di hilir tinggi, baik akibat air pasang maupun air banjir, maka air dari drainase tidak dapat mengalir ke pembuang, bahkan dimungkinkan terjadi aliran balik. (Sumber: Suripin, 2004)

Sama halnya dalam perencanaan sistem drainase Sukolilo Dian Regency ini, perencanaan tidak dapat sepenuhnya mengandalkan gravitasi sebagai faktor pendorong. Saat sistem drainase pada kawasan perumahan tidak mampu menampung dan menyalurkan limpasan air hujan maka perlu dibantu dengan pompa air. Pompa ini berfungsi untuk membantu mengeluarkan air dari kolam penampungan saat kondisi saluran sekunder terpengaruhi oleh pasang dan tidak dapat menerima debit



**Gambar 2.6. Grafik Hubungan antara Inflow dan Outflow Pengaliran dengan Pompa**

(Sumber : Fifi Sofia, 2006)

Dimana :

$V$  : Volume limpasan total ( $m^2$ )

$V_1$  : Volume yang dibuang dengan bantuan pompa dengan

debit konstan ( $m^2$ )

$V_2$  : Volume akhir kolam tampungan ( $m^2$ )

$V_{\max}$  : Volume maksimum kolam tampungan ( $m^2$ )

$t$  waktu (menit)

(Sumber : Fifi Sofia, 2006)

Pada kasus sistem drainase pompa, maka debit keluar maksimum sama dengan kapasitas pompa. Mengingat bahwa konstruksi dan biaya operasi pompa sangat mahal, maka luas atau kapasitas kolam tampung juga harus direncanakan sedemikian rupa sehingga pengoperasian pompa dalam perencanaan pompa dan kolam tampung dapat beroperasi secara efektif. Elevasi muka air terendah perlu diperhatikan untuk memperlancar aliran maupun untuk menampung sedimen masuk.

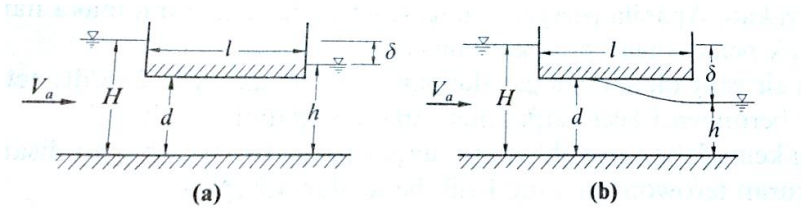
(Sumber: Suripin, 2004)

#### **2.4.2. Perencanaan Pintu Air**

Pintu air (*gate, sluice*) yang biasa dibangun berfungsi sebagai pengatur aliran air untuk pembuang (drainase), penyadap, dan pengatur lalu lintas air. Sebagai pembuang yang dibangun di muara sistem drainase, biasanya senantiasa dalam keadaan terbuka dan penutupannya dilakukan saat elevasi muka air pada saluran pembuang lebih tinggi dari elevasi yang terdapat pada saluran drainase. Dengan demikian dapat dicegah masuknya air dari saluran pembuang ke dalam sistem drainase yang dilindungi.

(Sumber: Tominaga, 1984)

Meskipun ukuran penampang pintu tidak berubah, namun debit yang dapat dialirkan melalui pintu tersebut tidaklah selalu sama. Ukuran penampang pintu ditentukan berdasarkan debit hasil perhitungan limpasan. Kapasitas pintu air umumnya diperoleh dari hasil perhitungan aliran uniform atau aliran non uniform yang dimulai dari elevasi muka air sungai sebagaimana tertera pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.7. Beberapa Kondisi Aliran Air pada Pintu Air**  
(Sumber: Tominaga, 1984)

- Bentuk aliran **Gambar 2.6. (a)**

$$Q = \mu \times b \times d \times \sqrt{2g(\delta + \delta_a)} \quad (2.32)$$

$$\delta_a = \frac{V_a^2}{2g} \quad (2.33)$$

Dimana:

$Q$  : Debit drainase ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

$b$  : lebar pintu air (m)

$d$  : tinggi pintu air (m)

$g$  : gravitasi ( $9,8 \text{ m/detik}^2$ )

$\mu$  : koefisien kekasaran permukaan dinding pintu (0,85-0,95 untuk permukaan beton halus dan 0,6-0,85 untuk permukaan beton kasar)

$\delta$  : perbedaan elevasi muka air (m) ( $\delta = H - h$ )

$\delta_a$  : tinggi tekanan kecepatan masukan

$V_a$  : kecepatan rata-rata di hulu pintu (m/detik)

(Sumber: Tominaga, 1984)

- Bentuk aliran **Gambar 2.6. (b)**

$$Q = \mu \times b \times \left(h + \frac{2}{3}\delta\right) \sqrt{2g(\delta + \delta_a)} \quad (2.34)$$

Apabila pada saluran pembuang mengalami banjir bersamaan dengan terjadinya hujan dengan intensitas tinggi pada

daerah tinjauan, maka terjadinya tidak dapat dihindarkan, namun durasinya, kedalaman, serta luas genangan harus dibatasi pada tingkat yang tidak membahayakan. Apabila persyaratan tersebut tidak terpenuhi, maka harus dipertimbangkan untuk pemasangan pompa drainase.

*(Sumber: Tominaga, 1984)*

## **BAB III METODOLOGI**

Metodologi disusun untuk mempermudah pelaksanaan studi, guna memperoleh pemecahan masalah sesuai dengan studi yang telah ditetapkan melalui prosedur kerja yang sistematis, teratur dan tertib, sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

### **3.1. Studi Literatur**

Sumber literatur yang digunakan meliputi buku referensi, laporan atau studi yang terkait dengan sistem drainase Sukolilo Dian Regency mengenai:

- Peta drainase dan laporan SDMP.
- Buku referensi tentang analisis hidrologi.
- Referensi mengenai hidrolika saluran terbuka.
- Buku referensi tentang sistem drainase perkotaan.

Studi literatur ini dilakukan sepanjang studi yaitu mulai tahap awal sampai dengan analisis data pembahasan hingga dapat diperoleh kesimpulan.

### **3.2. Studi Lapangan**

Studi lapangan adalah mempelajari kondisi drainase eksisting yang ditinjau. Studi lapangan ini dilakukan dengan melakukan survei kawasan studi dengan pengumpulan data-data berupa foto dokumentasi, wawancara warga sekitar, dan penyusuran saluran. Survei ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui dan membuat analisis kapasitas saluran, serta mengetahui kendala apa saja yang mungkin akan menghambat penanggulangan banjir dan pemeliharaan saluran.

### **3.3. Pengumpulan Data**

Data yang digunakan diantaranya:

#### **3.3.1. Data Hidrologi**

Data Hidrologi terdiri dari:



- Data hujan. Dalam perhitungan banjir rencana data hujan yang diperlukan adalah tinggi curah hujan harian maksimum, pola distribusi curah hujan, jaringan pos hujan yang mampu memantau karakteristik hujan dalam DAS Sukolilo Dian Regency dengan periode pencatatan curah hujan yang memadai.

### **3.3.2. Data Peta**

Data peta terdiri dari :

- Peta topografi, untuk mengetahui kontur lokasi guna mencari arah aliran eksisting dari elevasi kontur.
- Peta lokasi kawasan, untuk mengetahui tata guna lahan kawasan studi.
- Peta SDMP, untuk mengetahui letak saluran, skema jaringan drainase, dan mengetahui fasilitas apa saja yang ada di kawasan studi. Dari skema jaringan drainase dapat diperoleh waktu konsentrasi untuk perhitungan debit banjir.

### **3.3.3. Data Hidrolika**

Data Hidrolika terdiri dari

- Skema jaringan drainase saluran Sukolilo Dian Regency.
- Penampang eksisting saluran, berupa dimensi saluran dan elevasi saluran.

## **3.4. Analisis Data Dan Perhitungan**

### **3.4.1. Analisis Hidrologi**

- Menentukan stasiun hujan yang berpengaruh. Setelah dianalisis terdapat tiga stasiun hujan yang berpengaruh pada area yang ditinjau diantaranya adalah Stasiun Hujan Keputih, Stasiun Hujan Gubeng, dan Stasiun Hujan Larangan.
- Menghitung hujan wilayah. Setelah didapat data hujan pada *catchment area* Sukolilo Dian Regency, data diolah

sedemikian rupa sehingga didapat curah hujan pada area yang ditinjau menggunakan metode polygon thiessen.

- Memilih fungsi distribusi frekuensi yang sesuai. Data debit banjir hasil pengamatan dibuat histogramnya yang membentuk suatu kurva dan dianalisis dengan salah satu fungsi distribusi seperti distribusi normal, log normal, log pearson type III, dan gumbel. Fungsi distribusi yang paling dekat dengan data observasi digunakan untuk menghitung besarnya banjir atau hujan rencana.
- Uji kecocokan fungsi distribusi (*goodness of fit*). Kecocokan dalam pemilihan fungsi distribusi diuji dengan uji kecocokan menggunakan metode pengujian, dapat menggunakan metode uji chi kuadrat dan metode smirnov Kolmogorov.
- Menghitung hujan rencana. Dalam tahap ini akan didapat hujan rencana yang nantinya akan menjadi tolok ukur perencanaan sistem drainase Sukolilo Dian Regency.
- Menghitung waktu konsentrasi. Perhitungan waktu konsentrasi pada perencanaan sistem drainase Sukolilo Dian Regency harus disesuaikan dengan skema jaringan perumahan.
- Menghitung intensitas hujan. Setelah mendapat variabel dari curah hujan rencana dan variabel waktu konsentrasi, perhitungan intensitas hujan rencana dapat dilakukan dengan metode mononobe.
- Menghitung koefisien pengaliran (C). Dengan komposisi area tinjauan yang terdiri dari berbagai macam fungsi lahan pada Sukolilo Dian Regency, dari hasil perhitungan akan didapat koefisien pengaliran.
- Menghitung debit rencana dengan metode rasional. Metode rasional dapat digunakan apabila perkiraan besarnya banjir didasarkan pada variabel hujan dan karakteristik *catchment area* Sukolilo Dian Regency.

### **3.4.2. Analisis Hidrolika**

- Menganalisis skema jaringan drainase saluran Sukolilo Dian Regency. Dalam tahap ini akan dipelajari bagaimana jaringan drainase yang ada pada Sukolilo Dian Regency berfungsi.
- Menghitung dimensi penampang saluran eksisting Sukolilo Dian Regency. Pengukuran secara langsung pada lapangan dilakukan agar mendapat data penampang saluran eksisting.

### **3.5. Kontrol Kapasitas Saluran Eksisting**

Memeriksa apakah saluran eksisting Sukolilo Dian Regency mampu untuk menampung dan menyalurkan aliran air saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi tanpa menyebabkan genangan.

### **3.6. Perencanaan Saluran Drainase**

Perhitungan perencanaan sistem dan penampang saluran drainase Sukolilo Dian Regency yang baru diperlukan jika kontrol kapasitas penampang saluran eksisting tidak memenuhi perhitungan debit rencana yang telah diperhitungkan.

### **3.7. Kontrol Elevasi Saluran Pembuang**

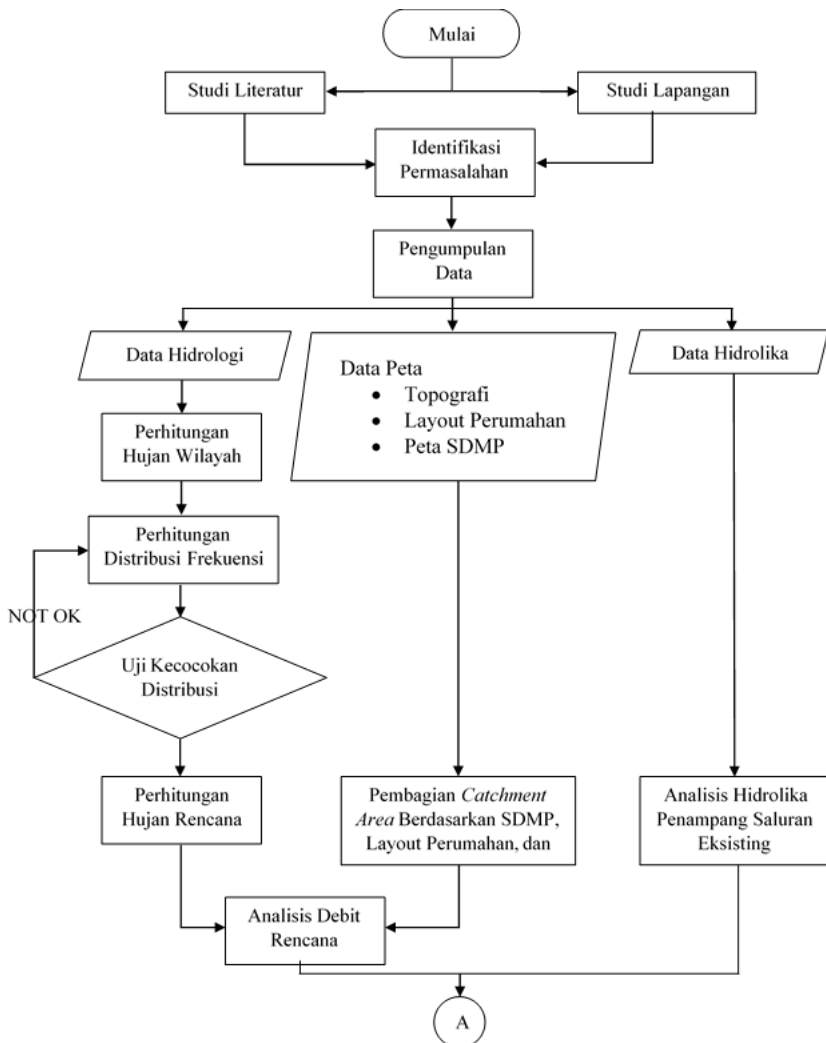
Setelah memperhitungkan sistem drainase yang baru, harus memeriksa elevasi muka air pada saluran pembuang (outlet) terhadap elevasi terendah pada sistem drainase Sukolilo Dian Regency. Elevasi saluran pembuang (outlet) harus lebih rendah dari elevasi terendah pada sistem drainase perumahan.

### **3.8. Perencanaan Fasilitas Drainase**

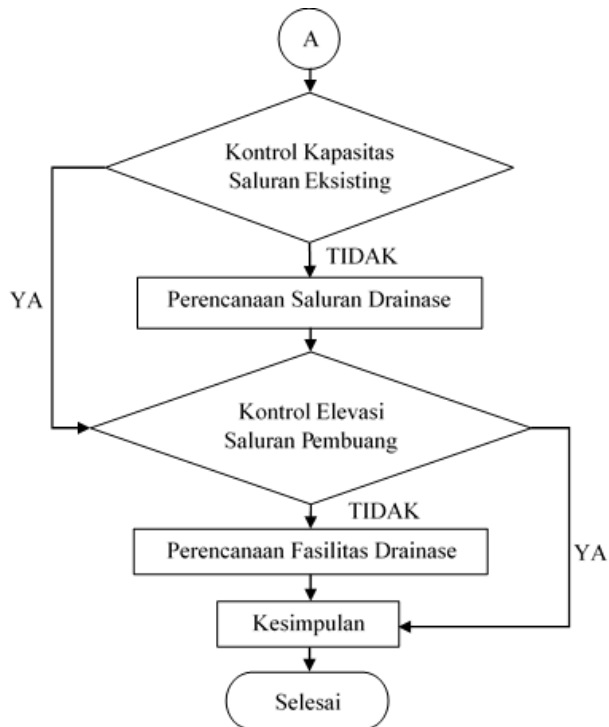
Perencanaan fasilitas drainase diperlukan jika kontrol elevasi saluran pembuang (outlet) terhadap elevasi terendah pada sistem drainase Sukolilo Dian Regency tidak memenuhi.

### **3.9. Kesimpulan**

Menarik kesimpulan dari hasil analisis data dan pembahasan sehingga sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 berikut ini akan ditunjukkan *flowchart* metodologi pengerjaan Tugas Akhir.



**Gambar 3.1. Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir**  
(Sumber: Hasil Penggambaran)



**Gambar 3.2. Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir**  
(Sumber: Hasil Penggambaran)

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Analisis Hidrologi

#### 4.1.1. Penentuan Hujan Rata – Rata Daerah

Analisis hidrologi ini dimaksudkan untuk mengetahui curah hujan rata-rata yang terjadi pada daerah tangkapan (*catchment area*) Sukolilo Dian Regency, yaitu dengan menganalisis data-data curah hujan harian maksimum yang didapat dari stasiun penakar hujan. Ketentuan pemilihan metode perhitungan curah hujan rata-rata dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

**Tabel 4.1. Pemilihan Metode Hujan Rata-Rata**

LUAS DAS	PEMILIHAN METODE
DAS besar (>5000 km <sup>2</sup> )	Metode Isohyet
DAS sedang (500 – 5000 km <sup>2</sup> )	Metode Thiessen
DAS kecil (<500 km <sup>2</sup> )	Metode Rata-Rata Aljabar
TOPOGRAFI DAS	PEMILIHAN METODE
Pegunungan	Metode Rata-Rata Aljabar
Dataran	Metode Thiessen
Berbukit tidak beraturan	Metode Isohyet
JARING-JARING POS PENAKAR HUJAN	PEMILIHAN METODE
Jumlah pos penakar hujan cukup	Metode Isohyet, Thiessen atau rata-rata dapat dipakai
Jumlah pos penakar hujan terbatas	Metode rata-rata aljabar atau Thiessen



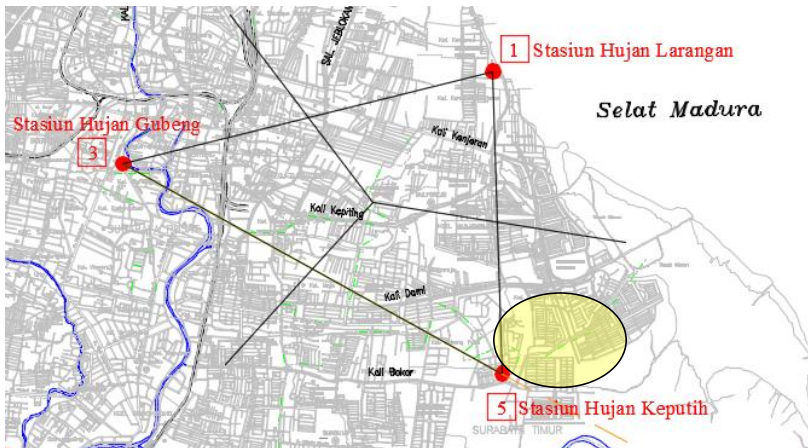
JARING-JARING POS PENAKAR HUJAN	PEMILIHAN METODE
Jumlah pos penakar hujan tunggal	Metode hujan titik

*(Sumber: Suripin, 2004)*

Sebelum menganalisis curah hujan rata-rata harian, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menentukan letak stasiun hujan yang akan digunakan terlebih dahulu, karena letak stasiun hujan akan mempengaruhi data curah hujan di suatu lokasi studi. Dalam pengerjaan TA ini digunakan metode poligon thiessen untuk menentukan stasiun hujan mana yang berpengaruh dikarenakan luas DAS yang berpengaruh termasuk sedang dan topografi Kota Surabaya merupakan dataran. Stasiun hujan yang dipilih adalah Stasiun Hujan Keputih, Stasiun Hujan Gubeng, dan Stasiun Hujan Larangan.

Langkah metode polygon thiessen untuk menentukan stasiun hujan yang berpengaruh adalah sebagai berikut:

- Buat garis lurus antar stasiun penakar hujan sehingga berbentuk segitiga.
- Buat titik berat segitiga, lalu hubungkan ke titik tengah tiap sisi segitiga sampai membentuk suatu poligon yang mengelilingi stasiun hujan. Untuk ilustrasi dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.



**Gambar 4.1. Penggambaran Metode Polygon Thiessen**  
(Sumber: Hasil Analisis)

Namun setelah dianalisis dengan menghubungkan antara 3 stasiun, kemudian dipotong tegak lurus pada tengah sumbu, didapat hanya ada 1 stasiun yang berpengaruh, yaitu Stasiun Hujan Keputih.

Data yang digunakan adalah data hujan selama 18 tahun, yaitu dari tahun 2000 hingga 2017. Rekapitulasi curah hujan maksimum tahunan dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

**Tabel 4.2. Data Hujan Maksimum Tahunan**

TAHUN	R Max (mm)
2000	88
2001	103
2002	123
2003	102
2004	58
2005	110
2006	140
2007	127
2008	90
2009	120
2010	90
2011	78
2012	85
2013	80
2014	134
2015	84
2016	164
2017	124

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### **4.1.2. Analisis Distribusi Hujan Rencana**

Curah hujan harian rencana merupakan besaran curah hujan yang digunakan untuk menghitung debit banjir untuk setiap periode rencana yang akan ditentukan. Pada dasarnya besarnya hujan rencana dipilih berdasar pada pertimbangan nilai urgensi dan nilai sosial ekonomi. Selain itu dalam perencanaan saluran drainase periode ulang (*return period*) yang dipergunakan tergantung dari

fungsi saluran serta daerah tangkapan hujan yang akan dikeringkan.

Referensi pemilihan periode ulang untuk perencanaan drainase perkotaan dapat dilihat pada **Tabel 4.3.** berikut ini:

**Tabel 4.3. Periode Ulang (Tahun) Perencanaan Saluran Kota**

No.	Distribusi	PUH (Tahun)
1.	Saluran Tersier	
	Resiko Kecil	2
	Resiko Besar	5
2.	Saluran Sekunder	
	Resiko Kecil	5
	Resiko Besar	10
3.	Saluran Primer (Induk)	
	Resiko Kecil	10
	Resiko Besar	25
4.	Atau:	
	Luas DAS (25-50) Ha	5
	Luas DAS (50-100) Ha	5-10
	Luas DAS (100-1300) Ha	10-25
	Luas DAS (1300-6500) Ha	25-50

(Sumber: Sofia, 2006)

Periode ulang tahunan untuk saluran di dalam perumahan (saluran tersier) menggunakan periode ulang 5 tahunan, dikarenakan dalam perencanaan tugas akhir ini diasumsikan saluran tersier tersebut memiliki resiko besar.

Sedangkan periode ulang tahunan untuk saluran sekunder di luar perumahan menggunakan periode ulang 5 tahunan juga, dikarenakan dalam perencanaan tugas akhir ini mengambil asumsi bahwa beban dari saluran sekunder sendiri belum terlalu banyak sehingga resiko terhitung kecil.

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, analisis curah hujan maksimum harian rencana menggunakan Metode Normal dan Log-Perason III dikarenakan dua metode ini adalah metode yang paling

cocok dengan hasil perhitungan parameter statistik data yang ada. Dengan jumlah data sebanyak 18 data, maka hasil perhitungan parameter statistiknya adalah sebagai berikut:

#### 4.1.2.1. Metode Normal dan Gumbel

Metode distribusi normal dan gumbel langkah-langkah perhitungannya sebagai berikut:

- Menyusun data-data curah hujan yang terbesar ke yang terkecil.
- Menghitung harga rata-rata curah hujan :

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

- Menghitung kuadrat dari selisih curah hujan dengan curah hujan rata-rata

$$(X - \bar{X})^2$$

- Menghitung harga standar deviasi data hujan.

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

- Menghitung harga koefisien variasi data hujan.

$$C_v = \frac{s}{\bar{X}}$$

- Menghitung harga koefisien kemencengan (skewness) data hujan.

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3$$

- Menghitung harga koefisien kortusis (keruncingan) data hujan.

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4$$

- Menghitung hujan rencana 5 tahun

$$X_t = \bar{X} + K_T \times S$$

Dimana:

$X_T$  = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata hitung variant,

S = Deviasi standar nilai variant,

$K_T$  = Faktor frekuensi (**Tabel 2.5**)

**Tabel 4.4. Perhitungan Curah Hujan Maksimum Normal dan Gumbel**

NO	TAHUN	X (mm)	$\bar{X}$	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	$(X - \bar{X})^3$	$(X - \bar{X})^4$
1	2016	164	105.5556	58.4444	3415.7531	199631.7915	11667369.1474
2	2006	140	105.5556	34.4444	1186.4198	40865.5693	1407591.8305
3	2014	134	105.5556	28.4444	809.0864	23014.0137	654620.8346
4	2007	127	105.5556	21.4444	459.8642	9861.5322	211475.0802
5	2017	124	105.5556	18.4444	340.1975	6274.7545	115734.3600
6	2002	123	105.5556	17.4444	304.3086	5308.4952	92603.7496
7	2009	120	105.5556	14.4444	208.6420	3013.7174	43531.4739
8	2005	110	105.5556	4.4444	19.7531	87.7915	390.1844
9	2001	103	105.5556	-2.5556	6.5309	-16.6900	42.6522
10	2003	102	105.5556	-3.5556	12.6420	-44.9492	159.8195
11	2008	90	105.5556	-15.5556	241.9753	-3764.0604	58552.0500
12	2010	90	105.5556	-15.5556	241.9753	-3764.0604	58552.0500
13	2000	88	105.5556	-17.5556	308.1975	-5410.5789	94985.7180
14	2012	85	105.5556	-20.5556	422.5309	-8685.3567	178532.3312
15	2015	84	105.5556	-21.5556	464.6420	-10015.6159	215892.1652
16	2013	80	105.5556	-25.5556	653.0864	-16689.9863	426521.8717
17	2011	78	105.5556	-27.5556	759.3086	-20923.1715	576549.6138
18	2004	58	105.5556	-47.5556	2261.5309	-107548.3567	5114521.8497
	$\Sigma$	1900	1900	0.0000	12116.4444	111194.8395	20917626.7819

(Sumber: Hasil Perhitungan)

- Menghitung harga rata-rata curah hujan.

$$\bar{X} = \frac{1900}{18} = 105,5556 \text{ mm}$$

- Menghitung harga standar deviasi data hujan.

$$S = \sqrt{\frac{1}{18-1} \sum_{i=1}^{18} (X_i - 105,5556)^2} = 26,697042$$

- Menghitung harga koefisien variasi data hujan.

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{26,697042}{105,5556} = 0,2529$$

- Menghitung harga koefisien kemencengan (skewness) data hujan.

$$Cs = \frac{18}{(18-1) \times (18-2) \times 26,697042^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 = 0,386722$$

- Menghitung harga koefisien kortusis (keruncingan) data hujan.

$$Ck = \frac{18^2}{(18-1) \times (18-2) \times (18-3) \times 26,697042^4} \sum_{i=1}^{18} (X_i - \bar{X})^4 = 3,269977$$

- Dengan melihat **Tabel 2.5** periode ulang 5 tahun dengan nilai  $K_T = 0,84$

$$X_5 = 105,5556 + 0,84 \times 26,697042 = 127,9810704 \text{ mm}$$

#### 4.1.2.2. Metode Log-Normal dan Log Pearson Tipe III

Metode log-normal dan log pearson tipe III langkah-langkah perhitungannya sebagai berikut:

- Menyusun data-data curah hujan dari yang terbesar ke terkecil.
- Mengubah data X menjadi  $Y = \text{Log } X$ .
- Menghitung harga rata-rata curah hujan.

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n}$$

- Menghitung kuadrat dari selisih curah hujan dengan curah hujan rata-rata.

$$(Y - \bar{Y})^2$$

- Menghitung harga standar deviasi data hujan.

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}$$

- Menghitung harga koefisien variasi data hujan.

$$Cv = \frac{s}{\bar{Y}}$$

- Menghitung harga koefisien Kemencengan (skewness) data hujan.

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^3$$

- Menghitung harga koefisien kurtosis (keruncingan) data hujan.

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^4$$

- Menghitung hujan rencana 5 tahun.

$$Y_t = \bar{Y} + K_T \times S$$

Dimana:



$Y_T$  = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang  
T-tahunan

$\bar{Y}$  = Nilai rata-rata hitung variant,

S = Deviasi standar nilai variant,

$K_T$  = Faktor frekuensi (**Tabel 2.9**)

**Tabel 4.5. Perhitungan Curah Hujan Max Log Normal dan Log Pearson Tipe III**

NO	TAHUN	X	$\bar{X}$	Log X	Log $\bar{X}$	Log (X- $\bar{X}$ )	Log (X- $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>	Log (X- $\bar{X}$ ) <sup>3</sup>	Log (X- $\bar{X}$ ) <sup>4</sup>
1	2016	164	105.5556	2.214844	2.0101	0.2047	0.041904188	0.008578002	0.001755961
2	2006	140	105.5556	2.146128	2.0101	0.1360	0.018493093	0.002514863	0.000341994
3	2014	134	105.5556	2.127105	2.0101	0.1170	0.013681063	0.001600220	0.000187171
4	2007	127	105.5556	2.103804	2.0101	0.0937	0.008773132	0.000821735	0.000076968
5	2017	124	105.5556	2.093422	2.0101	0.0833	0.006936052	0.000577655	0.000048109
6	2002	123	105.5556	2.089905	2.0101	0.0798	0.006362677	0.000507528	0.000040484
7	2009	120	105.5556	2.079181	2.0101	0.0690	0.004766870	0.000329117	0.000022723
8	2005	110	105.5556	2.041393	2.0101	0.0313	0.000976810	0.000030529	0.000000954
9	2001	103	105.5556	2.012837	2.0101	0.0027	0.000007282	0.000000020	0.000000000
10	2003	102	105.5556	2.0086	2.0101	-0.0015	0.000002367	-0.000000004	0.000000000
11	2008	90	105.5556	1.954243	2.0101	-0.0559	0.003124387	-0.000174641	0.000009762
12	2010	90	105.5556	1.954243	2.0101	-0.0559	0.003124387	-0.000174641	0.000009762
13	2000	88	105.5556	1.944483	2.0101	-0.0657	0.004310717	-0.000283025	0.000018582
14	2012	85	105.5556	1.929419	2.0101	-0.0807	0.006515686	-0.000525945	0.000042454
15	2015	84	105.5556	1.924279	2.0101	-0.0859	0.007371843	-0.000632942	0.000054344

**Tabel 4.5. Perhitungan Curah Hujan Maksimum Log Normal dan Log Pearson Tipe III**

NO	TAHUN	X	$\bar{X}$	Log X	Log $\bar{X}$	Log (X- $\bar{X}$ )	Log (X- $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>	Log (X- $\bar{X}$ ) <sup>3</sup>	Log (X- $\bar{X}$ ) <sup>4</sup>
16	2013	80	105.5556	1.90309	2.0101	-0.1070	0.011459432	-0.001226718	0.000131319
17	2011	78	105.5556	1.892095	2.0101	-0.1180	0.013934414	-0.001644876	0.000194168
18	2004	58	105.5556	1.763428	2.0101	-0.2467	0.060866184	-0.015016341	0.003704692
	Σ	1900	1900	36.1825	36.1825	7.10543E-15	0.212610583	-0.004719463	0.006639447

(Sumber: Hasil Perhitungan)

- Menghitung harga rata-rata curah hujan.

$$\bar{Y} = \frac{36,1825}{18} = 2,0101$$

- Menghitung harga standar deviasi data hujan.

$$S = \sqrt{\frac{1}{18-1} \sum_{i=1}^{18} (Y_i - 2,0101)^2} = 0,1118325$$

- Menghitung harga koefisien variasi data hujan.

$$Cv = \frac{S}{\bar{Y}} = \frac{0,1118325}{2,0101} = 0,0556342$$

- Menghitung harga koefisien kemencengan (skewness) data hujan.

$$Cs = \frac{18}{(18-1) \times (18-2) \times 0,1118325^3} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^3 = -0,223$$

- Menghitung harga koefisien kortusis (keruncingan) data hujan.

$$Ck = \frac{18^2}{(18-1) \times (18-2) \times (18-3) \times 0,1118325^4} \sum_{i=1}^{18} (Y_i - \bar{Y})^4 = 3,3709$$

- Nilai  $K_T$  didapat dengan melihat **Tabel 2.9**. Mencari  $K_T$  periode ulang 5 tahun harus diinterpolasi terlebih dahulu dengan parameter  $Cs = -0,223$  sehingga didapat nilai  $K_T = 0,851$  (hasil interpolasi dapat dilihat pada **Tabel 4.12**)

$$Y_5 = 2,0101 + 0,851 \times 0,1118325 = 2,105 \text{ mm}$$

$$\text{Antilog } Y_5 = 127,43 \text{ mm.}$$

Untuk menentukan distribusi hujan rencana yang sesuai dengan syarat-syarat parameter statistiknya, dapat dilihat pada **Tabel 4.6** berikut:

**Tabel 4.6. Syarat Parameter Statistik**

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Analisa Frekuensi	Kesimpulan
1	Normal	$Cs \approx 0$	0,386722	OK
		$Ck \approx 3$	3,269977	
2	Gumbel	$Cs \approx 1,139$	0,386722	Not OK
		$Ck \approx 5,402$	3,269977	
3	Log normal	$Cs = Cv^3$	-0,223302	Not OK
		$Cs = 0,1671$		
		$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16c^2 + 3$	3,370892	
		$Ck = 3,0497$		
4	Log Pearson Tipe III	$Cs = \text{fleksibel}$	-0,223302	OK
		$Ck \approx 1,5Cs^2 + 3$	3,370892	
		$Ck \approx 3,07479$		

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### 4.1.3. Uji Kecocokan Parameter Distribusi

Untuk menentukan kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan/mewakili distribusi frekuensi tersebut maka diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang akan disajikan adalah:

- Uji Chi-Kuadrat (Chi-Square).
- Uji Smirnov-Kolmogorov.

##### 4.1.3.1. Uji Distribusi Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data analisis. Pengambilan

keputusan uji ini menggunakan parameter  $X^2$ , oleh karena itu disebut Chi-Kuadrat. Parameter  $X^2$  dapat dihitung dengan rumus:

$$X_h^2 = \sum_{t=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Dimana:

- $X_h^2$  = Paramater uji Chi-Kuadrat
- G = Jumlah sub kelompok (minimal 4 data)
- $O_i$  = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1
- $E_i$  = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1

Prosedur pengujian Chi Kuadrat:

- Urutkan data pengamatan dari yang besar ke kecil atau sebaliknya.
- Kelompokkan data menjadi G sub grup, tiap-tiap sub grup minimal 4 data pengamatan.
- Jumlahkan data pengamatan sebesar  $O_i$  (jumlah nilai pengamatan) tiap-tiap grup.
- Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar  $E_i$ .
- Tiap-tiap sub grup hitung nilai  $(O_i - E_i)^2$  dan  $X^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
- Jumlah seluruh G sub grup nilai  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$  untuk menentukan nilai chi kuadrat hitung.
- Tentukan derajat kebebasan (Dk) (nilai R = 2, untuk distribusi normal dan binomial, dan nilai R = 1, untuk distribusi poisson). Tabel derajat kebebasan dapat dilihat pada **Tabel 2.5 dan Tabel 2.9**.

Interprestasi hasilnya adalah :

- Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi yang digunakan dapat diterima.
- Apabila peluang lebih kecil 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.

- Apabila peluang berada antara 1 - 5%, tidak mungkin mengambil keputusan, misalnya perlu tambahan data.

### Perhitungan Chi-Kuadrat:

**Tabel 4.7. Uji Sebaran Chi-Kuadrat**

n =	18
Jumlah group (k) =	$1 + 3,322 \log (n)$
=	5,170015262
=	6
Interval Peluang (P) =	0,166666667

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dengan derajat kepercayaan  $\alpha = 5\%$ , dan  $dk = 3$ , maka diperoleh jumlah kelas distribusi (G) = 6 sub kelompok dengan interval peluang (P) = 0,166666667 (Seperti yang tertera pada **Tabel 4.7**), maka besarnya peluang untuk setiap grup dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

**Tabel 4.8. Peluang Setiap Group**

sub group 1 =	P	$\leq 0,166666667$
sub group 2 = 0,166666667 $\leq$	P	$\leq 0,333333333$
sub group 3 = 0,333333333 $\leq$	P	$\leq 0,5$
sub group 4 = 0,5 $\leq$	P	$\leq 0,666666667$
sub group 5 = 0,666666667 $\leq$	P	$\leq 0,833333333$
sub group 6 =	P	$\geq 0,833333333$

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Langkah selanjutnya adalah menguji Metode Distribusi Normal dan Log Pearson Tipe III dengan Uji Chi Kuadrat. Berikut adalah hasil perhitungan menggunakan Uji Chi Kuadrat pada Metode Distribusi Normal (**Tabel 4.9**) dan pada Metode Log Pearson Tipe III (**Tabel 4.11**).

**Tabel 4.9. Uji Chi Kuadrat Metode Distribusi Normal**

No	Nilai Batas Sub Group	Jumlah Data		$(O_i - E_i)^2$	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
		O <sub>i</sub>	E <sub>i</sub>		
1	X > 130,330	3	3	0	0
2	116,572 < X < 130,330	4	3	1	0,333
3	105,556 < X < 116,572	1	3	4	1,333
4	93,775 < X < 105,556	2	3	1	0,333
5	78,935 < X < 93,775	6	3	9	3,000
6	X < 78,935	2	3	1	0,333
$\Sigma$		18	18	16	5,333

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### **Contoh perhitungan (Group 1):**

Untuk mendapat batas-batas sub-group (X), maka rumus yang dipakai adalah  $X = \bar{X} + S \times K$ , dimana pada perhitungan sebelumnya telah didapat  $\bar{X} = 105,5555556$  mm dan  $S = 26,69704152$ . Selanjutnya untuk mendapat nilai K, terlebih dahulu menghitung T, dimana:

$$T = \frac{1}{P} = \frac{1}{1,6667} = 6 \text{ tahun}$$

Setelah didapat T, langkah selanjutnya adalah mencari K dengan menginterpolasi **Tabel 2.5**. Hasil interpolasi dapat dilihat pada **Tabel 4.10**.

**Tabel 4.10. Perhitungan Interpolasi Nilai K dengan T**

Periode Ulang (T)	K
1.11	-1.28
1.20	-0.997
1.25	-0.84
1.33	-0.67
1.43	-0.52
1.50	-0.441



Periode Ulang (T)	K
1.67	-0.25
2.00	0
2,5	0.25
3.00	0.413
3,33	0.52
4.00	0.67
5.00	0.84
6.00	0.928
10.00	1.28

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Didapat pada T = 6 tahun, K = 0,928. Maka,

$$X = 105,556 + 26,697 \times 0,928 = 130,330 \text{ mm}$$

Hasil akhir perhitungan Uji Chi Kuadrat adalah mendapat nilai chi kuadrat dan dibandingkan dengan chi kritis, dimana nilai chi kuadrat harus lebih kecil dari nilai chi kritis. Nilai chi kritis dapat dilihat pada **Tabel 2.10** didapat nilainya adalah 7,815. Jika dibandingkan dengan nilai chi kuadrat dari hasil perhitungan **Tabel 4.9** (5,333) maka uji ini dinyatakan dapat diterima.

**Tabel 4.11. Uji Chi Kuadrat Metode Distribusi Log Pearson Tipe III**

No	Nilai Batas Sub Group	Jumlah Data		$(O_i - E_i)^2$	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
		O <sub>i</sub>	E <sub>i</sub>		
1	X > 131.2874	3	3	0	0
2	110.8053 < X < 131.2874	4	3	1	0.333
3	103.3378 < X < 110.8053	1	3	4	1.333
4	89.0812 < X < 103.3378	4	3	1	0.333
5	75.6548 < X < 89.0812	5	3	4	1.333
6	X < 75.6548	1	3	4	1.333
S		18	18	14	4.667

(Sumber: Hasil Perhitungan)

**Contoh perhitungan (Group 1):**

Pada dasarnya, perhitungan ini sama seperti pada Metode Distribusi Normal, namun perbedaan terdapat pada perhitungan K. Pada perhitungan chi kuadrat pada log pearson tipe III tabel yang diinterpolasi untuk mencari K adalah **Tabel 2.9** dikarenakan variabel yg dipakai adalah Cs (hasil Cs dari perhitungan sebelumnya -0,223).

Untuk mendapat batas-batas sub-group (X), maka rumus yang dipakai adalah  $X = \bar{X} + S \times K$ , dimana pada perhitungan sebelumnya telah didapat  $\bar{X} = 105,5555556$  mm dan  $S = 26,69704152$ . Selanjutnya untuk mendapat nilai K, terlebih dahulu menghitung T, dimana:

$$T = \frac{1}{P} = \frac{1}{1,6667} = 6 \text{ tahun}$$

Setelah didapat T, langkah selanjutnya adalah mencari K dengan menginterpolasi **Tabel 2.9**. Hasil interpolasi dapat dilihat pada **Tabel 4.12**.

**Tabel 4.12. Hasil Interpolasi T dengan Cs**

Cs	Periode Ulang (T)					
	1.2	1.5	2	3	5	6
-0.4	-1.19	-0.522	0.066	0.329	0.855	0.9302
<b>-0,223</b>	<b>-1.174</b>	<b>-0.54</b>	<b>0.0368</b>	<b>0.3078</b>	<b>0.851</b>	<b>0.966</b>
-0.2	-1.172	-0.542	0.033	0.305	0.85	0.9316

(Sumber: Hasil Perhitungan)

$$\text{Log}X = \text{Log}\bar{X} + S\text{Log}\bar{X} \times K$$

$$\text{Log}X = 2,0101 + 0,1118 \times 0,9665$$

$$\text{Log}X = 2,1182229$$

$$\text{AntiLog}X = 131,287356\text{mm}$$

Sama halnya seperti Metode Distribusi Normal, nilai chi kuadrat dari hasil perhitungan harus lebih kecil dari nilai chi kritis (7,815). Dari hasil perhitungan **Tabel 4.11** didapat nilai chi kuadrat adalah 4,667 dimana nilai ini lebih kecil dari nilai chi kritisnya, maka uji ini juga dapat dinyatakan diterima.

#### 4.1.3.2. Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov, sering disebut juga uji kecocokan non-parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedur pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

- Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.
- Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).
- Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.
- Berdasarkan **Tabel 2.11**, ditentukan harga  $D_0$ .
- Apabila  $D_{maks}$  lebih kecil dari  $D_0$  maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima. Apabila  $D_{maks}$  lebih besar dari  $D_0$  maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

### Pengujian Metode Distribusi Normal dan Distribusi Log Pearson Tipe III

#### Contoh perhitungan (tahun 2016):

Setelah mengurutkan data dari terbesar hingga terkecil, data diolah mengikuti rumus yang tertera pada **Tabel 4.13**,  $X$  dan  $\bar{X}$  dapat dilihat pada perhitungan sebelumnya. Saat menghitung tahap ke tujuh, hasil dapat ditemukan pada **Tabel 19** pada lampiran. Setelah selesai perhitungan **Tabel 4.13**, maka didapat  $D_{maks}$  adalah 0,07382.

Nilai  $D_0$  dapat dilihat pada **Tabel 2.11** dengan menginterpolasi dikarenakan dengan jumlah data 18 tahun tidak terdapat pada tabel, sehingga didapat  $D_0$  adalah 0,31. Jika dibandingkan antara  $D_{maks}$  dan  $D_0$  didapat  $D_0 > D_{hitung}$ , maka dapat dikatakan metode ini lolos pengujian.

**Tabel 4.13. Perhitungan Uji dengan Metode Distribusi Normal**

<b>Tahun</b>	<b>m</b>	<b>X</b>	<b>P(X) = m/(n+1)</b>	<b>P(X&lt;)</b>	<b>f(t)=(X- <math>\bar{X}</math> )/S</b>	<b>P'(X&lt;)</b>	<b>P'(X)</b>	<b>D</b>
<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5) = 1 - (4)</b>	<b>(6)</b>	<b>(7)</b>	<b>(8) = 1 - (7)</b>	<b>(9) = (8) - (4)</b>
2016	1	164	0.05263	0.94737	2.19	0.9857	0.0143	0.03833
2006	2	140	0.10526	0.89474	1.29	0.9015	0.0985	0.00676
2014	3	134	0.15789	0.84211	1.07	0.8577	0.1423	0.01559
2007	4	127	0.21053	0.78947	0.80	0.7881	0.2119	-0.00137
2017	5	124	0.26316	0.73684	0.69	0.7549	0.2451	0.01806
2002	6	123	0.31579	0.68421	0.65	0.7422	0.2578	0.05799
2009	7	120	0.36842	0.63158	0.54	0.7054	0.2946	0.07382
2005	8	110	0.42105	0.57895	0.17	0.5675	0.4325	-0.01145
2001	9	103	0.47368	0.52632	-0.10	0.4602	0.5398	-0.06612
2003	10	102	0.52632	0.47368	-0.13	0.4483	0.5517	-0.02538
2008	11	90	0.57895	0.42105	-0.58	0.281	0.719	-0.14005
2010	12	90	0.63158	0.36842	-0.58	0.281	0.719	-0.08742
2000	13	88	0.68421	0.31579	-0.66	0.2546	0.7454	-0.06119
2012	14	85	0.73684	0.26316	-0.77	0.2206	0.7794	-0.04256

**Tabel 4.13. Perhitungan Uji dengan Metode Distribusi Normal**

<b>Tahun</b>	<b>m</b>	<b>X</b>	<b>P(X) = m/(n+1)</b>	<b>P(X&lt;)</b>	<b>f(t)=(X- <math>\bar{X}</math> )/S</b>	<b>P'(X&lt;)</b>	<b>P'(X)</b>	<b>D</b>
<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5) = 1 - (4)</b>	<b>(6)</b>	<b>(7)</b>	<b>(8) = 1 - (7)</b>	<b>(9) = (8) - (4)</b>
2015	15	84	0.78947	0.21053	-0.81	0.209	0.791	-0.00153
2013	16	80	0.84211	0.15789	-0.96	0.1685	0.8315	0.01061
2011	17	78	0.89474	0.10526	-1.03	0.1515	0.8485	0.04624
2004	18	58	0.94737	0.05263	-1.78	0.0375	0.9625	-0.01513

*(Sumber: Hasil Perhitungan)*

**Tabel 4.14. Perhitungan Uji dengan Metode Log Pearson Tipe III**

Tahun	m	X	Log X	$P(\text{Log X})$ (m / (n+1))	$P(\text{LogX} <)$	$f(t) = \frac{\text{Log X} - \text{Log } \bar{X}}{S \text{Log X}}$	$P'(\text{LogX} <)$	$P'(\text{LogX})$	D
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = 1 - (5)	(7)	(8) tabel	(9)=(1-(8))	(10) = (5) - (9)
2016	1	164	2.215	0.053	0.947	1.83	0.966	0.034	0.019
2006	2	140	2.146	0.105	0.895	1.22	0.889	0.111	-0.006
2014	3	134	2.127	0.158	0.842	1.05	0.853	0.147	0.011
2007	4	127	2.104	0.211	0.789	0.84	0.800	0.201	0.010
2017	5	124	2.093	0.263	0.737	0.74	0.770	0.230	0.034
2002	6	123	2.090	0.316	0.684	0.71	0.761	0.239	0.077
2009	7	120	2.079	0.368	0.632	0.62	0.732	0.268	0.101
2005	8	110	2.041	0.421	0.579	0.28	0.610	0.390	0.031
2001	9	103	2.013	0.474	0.526	0.02	0.508	0.492	-0.018
2003	10	102	2.009	0.526	0.474	-0.01	0.496	0.504	0.022
2008	11	90	1.954	0.579	0.421	-0.50	0.309	0.692	-0.113
2010	12	90	1.954	0.632	0.368	-0.50	0.309	0.692	-0.060
2000	13	88	1.944	0.684	0.316	-0.59	0.278	0.722	-0.038
2012	14	85	1.929	0.737	0.263	-0.72	0.236	0.764	-0.027

**Tabel 4.14. Perhitungan Uji dengan Metode Log Pearson Tipe III**

Tahun	m	X	Log X	P (Log X) (m / (n+1))	P(LogX<)	$f(t) = \frac{\text{LogX} - \text{Log}\bar{X}}{S\text{LogX}}$	P'(LogX<)	P'(LogX)	D
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = 1 - (5)	(7)	(8) tabel	(9)	(10) = (5) - (9)
2015	15	84	1.924	0.789	0.211	-0.77	0.221	0.779	0.010
2013	16	80	1.903	0.842	0.158	-0.96	0.169	0.832	0.011
2011	17	78	1.892	0.895	0.105	-1.06	0.145	0.855	0.039
2004	18	58	1.763	0.947	0.053	-2.21	0.014	0.986	-0.039

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Perhitungan untuk uji Metode Log Pearson Tipe III sama seperti perhitungan sebelumnya. Sehingga didapat  $D_{maks}$  adalah 0,10082, dan jika dibandingkan dengan  $D_o$  tetap  $D_o > D_{maks}$ . Nilai  $D_o$  dapat dilihat pada **Tabel 2.11** dengan menginterpolasi dikarenakan dengan jumlah data 18 tahun tidak terdapat pada tabel, sehingga didapat  $D_o$  adalah 0,31. Maka dapat dikatakan metode ini lolos pengujian.



#### 4.1.3.3. Kesimpulan Analisis Metode Distribusi

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov yang telah dilakukan, berdasarkan perhitungan di atas kedua metode distribusi yaitu Metode Distribusi Normal dan Log Pearson Type III memenuhi syarat yang diijinkan (hipotesis diterima). Namun harus dipilih salah satu yang memiliki hasil terbesar. Dari hasil uji distribusi didapat tinggi hujan sebesar 127,43mm dari metode distribusi log pearson tipe III, sedangkan dari metode distribusi normal didapat tinggi hujan sebesar 127,98mm. Sehingga dipilih Metode Distribusi Normal dengan curah hujan rencana sebesar **127,98 mm**.

#### 4.1.4. Analisis Debit Banjir Rencana

Pada perhitungan analisis debit banjir rencana dalam Tugas Akhir ini menggunakan perhitungan debit periode ulang 5 tahun pada saluran tersier dan sekunder dalam sistem drainase perumahan dengan menggunakan metode perhitungan rasional.

##### 4.1.4.1. Perhitungan Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (*run-off coefficient*) adalah perbandingan besarnya aliran hujan atau limpasan di atas permukaan tanah (surface run-off) terhadap intensitas curah hujan. Sehingga bisa dikatakan, jika permukaan merupakan lapisan yang sulit menyerap air, maka koefisien pengalirannya semakin besar.

Penentuan besarnya koefisien pengaliran pada setiap jenis permukaan dapat dilihat pada **Tabel 2.12**. Dalam Tugas Akhir ini, penentuan koefisien pengaliran untuk jalan sebesar 0,8; untuk taman sebesar 0,25; untuk lahan sebesar 0,2; dan untuk bangunan sebesar 0,8. Berikut **Tabel 4.15** adalah hasil sebagian perhitungan koefisien pengaliran di dalam sistem drainase perumahan.

**Tabel 4.15. Rekap Hasil Perhitungan C**

NO	NAMA SALURAN	LUAS BANGUNAN (m <sup>2</sup> )	LUAS JALAN (m <sup>2</sup> )	LUAS TAMAN (m <sup>2</sup> )	LUAS LAHAN (m <sup>2</sup> )	C
1	T0	0	79.26	86.64	0	0.513
2	T1	1596	327.18	0	0	0.800
3	T2	1428	425.56	71.32	0	0.780
4	T3	1428	425.56	32.1244	0	0.791
5	T4	1260	378.36	41.49	0	0.786
6	T5	1176	429.023	62.16	0	0.779
7	T6	1179.912	432.54	61.56	0	0.780
8	T7	1092	307.32	82.62	0	0.769
9	T8	1008	261.02	75.72	0	0.769
10	T9	924	313.604	91.38	0	0.762
11	T10	840	224	148.76	0	0.733
12	T11	840	263.55	148.32	0	0.735
13	T12	840	263.55	102.8	0	0.753
14	T13	1400	1894	136.966	0	0.778
15	T14	1596	476.04	86.64	0	0.778
16	T15	3024	1049.28	157.96	0	0.779
17	T16	4452	1526.308	190.0844	0	0.783
18	T17	5712	2046.668	231.574	0	0.784
19	T18	6888	2529.358	293.734	0	0.783
20	T19	8067.912	3074.756	355.294	0	0.783
21	T20	9159.912	3423.501	437.914	0	0.782
22	T21	10167.912	3850.94	513.634	0	0.781
23	T22	11091.912	4234.053	605.014	0	0.779
24	T23	11931.912	4893.393	1192.174	3611.969	0.669

**Tabel 4.15. Lanjutan Rekap Hasil Perhitungan C**

NO	NAMA SALURAN	LUAS BANGUNAN (m <sup>2</sup> )	LUAS JALAN (m <sup>2</sup> )	LUAS TAMAN (m <sup>2</sup> )	LUAS LAHAN (m <sup>2</sup> )	C
25	T24	12771.912	5224.587	1340.494	3611.969	0.673
26	T25	13611.912	5658.657	1443.294	3611.969	0.678
27	T26	15011.912	7631.917	1580.260	3611.969	0.691
28	T87	0	62.484	121.1796	0	0.437
29	T27	2310	1236.3	401.2	0	0.744
30	T28	1365	495.2	208	0	0.745
31	T29	1365	352	180	0	0.748
32	T30	1365	350	188	0	0.746
33	T31	1365	240	205	0	0.738
34	T32	1575	388	152.5	0	0.760
35	T33	1680	212.4	164.4	0	0.756
36	T34	1680	464.8	185	0	0.756
37	T35	1785	322	176.2	0	0.758
38	T36	1785	516.4	123.6	0	0.772
39	T37	1785	284.12	146.84	0	0.764
40	T38	1785	438.4	151.964	0	0.765
41	T39	1785	359.64	180.24	0	0.757
42	T40	1785	492.6	150.24	0	0.766
43	T41	1785	596.2	103.2	0	0.777
44	T42	2310	1332.751	522.38	0	0.731
45	T43	3675	2025.424	730.38	0	0.738
46	T44	5040	2441.772	910.38	0	0.740
47	T45	6405	2987.802	1098.38	0	0.742

**Tabel 4.15. Lanjutan Rekap Hasil Perhitungan C**

NO	NAMA SALURAN	LUAS BANGUNAN (m <sup>2</sup> )	LUAS JALAN (m <sup>2</sup> )	LUAS TAMAN (m <sup>2</sup> )	LUAS LAHAN (m <sup>2</sup> )	C
48	T46	7770	3296.827	1303.38	0	0.742
49	T47	9345	3875.429	1455.88	0	0.745
50	T48	11025	4150.141	1620.28	0	0.747
51	T49	12705	4822.454	1805.28	0	0.749
52	T50	14490	5219.94	1981.48	0	0.750
53	T51	16275	5933.977	2105.086	0	0.752
54	T52	18060	6292.548	2251.92	0	0.753
55	T53	19845	6980.224	2403.884	0	0.755
56	T54	21630	7428.719	2584.124	0	0.755
57	T55	23415	8055.573	2734.364	0	0.756
58	T56	25200	8854.178	2837.564	0	0.758
59	T57	0	247.5	1031.3	567.92	0.308
60	T58	1470	585.08	408.68	0	0.709
61	T59	1575	380.92	153.44	0	0.760
62	T60	1680	344.2	106	0	0.773
63	T61	1785	294.4	114.8	0	0.771
64	T62	1155	323.4	739.68	0	0.617
65	T63	1155	280.32	673.6	0	0.624
66	T64	1680	399.56	244.32	0	0.742
67	T65	1680	397.12	252.72	0	0.740
68	T66	840	355.84	1299.2	0	0.514
69	T67	840	284.24	1128	0	0.525
70	T68	1785	316.36	171.2	0	0.759
71	T69	1785	392.2	172.36	0	0.760

**Tabel 4.15. Lanjutan Rekap Hasil Perhitungan C**

NO	NAMA SALURAN	LUAS BANGUNAN (m <sup>2</sup> )	LUAS JALAN (m <sup>2</sup> )	LUAS TAMAN (m <sup>2</sup> )	LUAS LAHAN (m <sup>2</sup> )	C
72	T70	1785	414.08	161.16	0	0.762
73	T71	1785	533.88	177.12	0	0.761
74	T72	0	306.844	1031.3	567.92	0.324
75	T73	1470	1023.204	1439.98	567.92	0.548
76	T74	3045	1479.298	1593.42	567.92	0.618
77	T75	4725	1992.504	1699.42	567.92	0.658
78	T76	6510	2362.076	1814.22	567.92	0.681
79	T77	7665	2839.456	2553.9	567.92	0.672
80	T78	8820	3190.078	3227.5	567.92	0.666
81	T79	10500	3728.406	3471.82	567.92	0.677
82	T80	12180	4213.208	3724.54	567.92	0.684
83	T81	13020	4728.882	5023.74	567.92	0.667
84	T82	13860	5088.813	6151.74	567.92	0.655
85	T83	15645	5585.01	6322.94	567.92	0.664
86	T84	17430	6073.129	6495.3	567.92	0.672
87	T85	19215	6698.657	6656.46	567.92	0.679
88	T86	21000	7480.037	6833.58	567.92	0.686
89	T89	21000	8789.137	6833.58	567.92	0.690
90	T88	46200	17681.31	9671.144	567.92	0.724
91	T90	61211.912	25313.23	11251.40	4179.889	0.715

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### **Contoh perhitungan (T16 saluran sekunder)**

Berdasarkan survey lapangan, didapat luasan-luasan bagian seperti **Tabel 4.15**. Dengan koefisien pengaliran seperti penentuan sebelumnya, maka perhitungan untuk koefisien gabungan adalah sebagai berikut:

$$C_{\text{Gabungan}} = \frac{\sum C_i \times A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

$$C_{\text{Gabungan}} = \frac{(4425 \times 0,8) + (1526,308 \times 0,8) + (190,084 \times 0,25) + (0 \times 0,2)}{6168,3924}$$

$$C_{\text{Gabungan}} = 0,783$$

Perlu diingat bahwa untuk seluruh saluran sekunder, luas bangunan, luas jalan, luas lahan, dan luas taman harus diakumulasi terlebih dahulu sebelum dikalikan dengan koefisien pengaliran.

#### 4.1.4.2. Perhitungan Waktu Aliran

Perhitungan waktu aliran merupakan waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir menuju titik outlet dari titik terjauh sistem drainase. Waktu aliran ini terdiri dari waktu aliran air pada permukaan lahan ( $t_0$ ) dan waktu aliran air pada saluran ( $t_f$ ), sedangkan waktu yang dibutuhkan aliran air menuju titik yang ditinjau adalah penambahan dari  $t_0$  dan  $t_f$  yang dapat disebut sebagai waktu konsentrasi ( $t_c$ ).

- Perhitungan nilai  $t_0$  (waktu aliran air pada permukaan lahan)  
Perhitungan nilai  $t_0$  menggunakan rumus seperti di bawah ini:

$$t_0 = 1,44 \times \left( \frac{N \times L}{S^{0,5}} \right)^{0,467}$$

Dengan asumsi bahwa kemiringan jalan sebesar 0,02; kemiringan taman sebesar 0,002; kemiringan lahan berdasarkan kondisi eksisting (berdasarkan kontur); dan asumsi kemiringan setiap atap bangunan dalam perumahan sebesar 30° maka didapat kemiringan bangunan sebesar 0,577.

Sedangkan untuk koefisien hambatan (N) didapat dari **Tabel 2.13** dimana didapat koefisien hambatan untuk jalan sebesar 0,013, untuk bangunan sebesar 0,02, untuk taman sebesar 0,2, dan untuk lahan sebesar 0,2.

**Contoh perhitungan  $t_{0\text{bangunan}}$  (T8 saluran tersier)**

$$t_{0\text{bangunan}} = 1,44 \times \left( \frac{0,02 \times 12}{0,577^{0,5}} \right)^{0,467}$$

$$t_{0\text{bangunan}} = 0,841$$

Untuk perhitungan  $t_0$  jalan, lahan, dan taman menggunakan rumus yang sama seperti di atas, namun menggunakan panjang dan kemiringan sesuai hasil survey di lapangan. **Tabel 4.16** berikut merupakan sebagian hasil dari perhitungan.

**Tabel 4.16. Hasil Perhitungan  $t_0$**

NO	Nama Saluran	Jenis	L	S	T0	T0 Pakai
			m		menit	
1	T0	Bangunan	0	0.57735	0.000	6.780
		Jalan	5.72	0.02	1.067	
		Taman	6.17	0.002	6.780	
		Lahan	0	0.0002	0.000	
2	T1	Bangunan	12	0.57735	0.841	0.841
		Jalan	2.46	0.02	0.719	
		Taman	0	0.002	0.000	
		Lahan	0	0.0002	0.000	
3	T2	Bangunan	12	0.57735	0.841	9.250
		Jalan	2.46	0.02	0.719	
		Taman	12	0.002	9.250	
		Lahan	0	0.0002	0.000	
4	T3	Bangunan	12	0.57735	0.841	9.250

**Tabel 4.16. Hasil Perhitungan  $t_0$** 

NO	Nama Saluran	Jenis	L	S	T0	T0 Pakai
			m		menit	
		Jalan	2.76	0.02	0.759	
		Taman	12	0.002	9.250	
		Lahan	0	0.0002	0.000	
5	T4	Bangunan	12	0.57735	0.841	9.250
		Jalan	2.76	0.02	0.759	
		Taman	12	0.002	9.250	
		Lahan	0	0.0002	0.000	
6	T5	Bangunan	12	0.57735	0.841	9.250
		Jalan	3.39	0.02	0.835	
		Taman	12	0.002	9.250	
		Lahan	0	0.0002	0.000	
7	T6	Bangunan	12	0.57735	0.841	9.250
		Jalan	3.39	0.02	0.835	
		Taman	12	0.002	9.250	
		Lahan	0	0.0002	0.000	
8	T7	Bangunan	12	0.57735	0.841	9.250
		Jalan	2.34	0.02	0.703	
		Taman	12	0.002	9.250	
		Lahan	0	0.0002	0.000	
9	T8	Bangunan	12	0.57735	0.841	9.250
		Jalan	2.34	0.02	0.703	
		Taman	12	0.002	9.250	
		Lahan	0	0.0002	0.000	
10	T9	Bangunan	12	0.57735	0.841	9.250
		Jalan	3.2	0.02	0.813	



**Tabel 4.16. Hasil Perhitungan  $t_0$** 

NO	Nama Saluran	Jenis	L	S	T0	T0 Pakai
			m		menit	
11	T10	Taman	12	0.002	9.250	9.250
		Lahan	0	0.0002	0.000	
		Bangunan	12	0.57735	0.841	
		Jalan	3.2	0.02	0.813	
12	T11	Taman	12	0.002	9.250	9.250
		Lahan	0	0.0002	0.000	
		Bangunan	12	0.57735	0.841	
		Jalan	3.8	0.02	0.881	
13	T12	Taman	12	0.002	9.250	9.250
		Lahan	0	0.0002	0.000	
		Bangunan	12	0.57735	0.841	
		Jalan	3.8	0.02	0.881	
14	T13	Taman	20	0.002	11.742	11.742
		Lahan	0	0.0002	0.000	
		Bangunan	20	0.57735	1.067	
		Jalan	3.4	0.02	0.837	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Setelah didapat waktu aliran air pada permukaan bangunan, jalan, taman, maupun lahan, waktu yang dipakai adalah waktu yang paling lama dibutuhkan air untuk mengalir. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa waktu pengaliran terbesar adalah waktu pengaliran pada permukaan taman, maka dipakailah waktu

tersebut. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat di lampiran **Tabel 22**.

Namun perlu diperhatikan lagi  $t_0$  untuk saluran sekunder. Seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 22** pada lampiran,  $t_0$  saluran sekunder dipilih waktu yang terbesar dari  $t_0$  bangunan,  $t_0$  jalan,  $t_0$  taman,  $t_0$  lahan, dan  $t_c$  saluran (tersier maupun sekunder) sebelumnya.

- Perhitungan nilai  $t_f$  (waktu aliran air pada saluran) Perhitungan waktu aliran pada saluran menggunakan kecepatan saluran yang dihitung sesuai dengan hasil survey di lapangan dimana panjang saluran didapat sebesar 90,49 meter. Rumus  $t_f$  adalah sebagai berikut:

$$t_f = \frac{L}{60 \times V}$$

Dimana, 
$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{0.5}$$

Dan, 
$$R = \frac{A}{P}$$

#### Contoh perhitungan $t_f$ (T8 saluran tersier)

Berdasarkan hasil survey lapangan, didapat ukuran saluran tersier T8 adalah sebesar 0,35 m (lebar) dan 0,5 m (tinggi) sehingga didapat:

$$A = B \times H$$

$$A = 0,35 \times 0,5$$

$$A = 0,175 \text{ m}^2$$

Sedangkan,

$$P = B + 2H$$

$$P = 0,35 + 2 \times 0,5$$

$$P = 1,35 \text{ m}$$

Sehingga,

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,175}{1,35} = 0,1296\text{m}$$

Kemiringan (S) didapat dari perencanaan kemiringan saluran. Cara untuk mendapatkan kemiringan rencana tiap saluran adalah dengan menghitung selisih elevasi dari titik outlet ke titik terjauh perumahan dibagi dengan jaraknya, sehingga kemiringan tersebut merupakan kemiringan rata-rata setiap saluran. Hasil dari perhitungan, didapat kemiringan saluran tersier T8 adalah sebesar 0,0002.

Sedangkan koefisien kekasaran manning (n) didapat dari **Tabel 2.14** dimana saluran awal dalam sistem drainase perumahan dianggap sebagai saluran plengsengan dengan bahan beton. Angka yang diambil adalah 0,02 dikarenakan asumsi bahwa saluran akan mengalami penggerusan dalam masa pakainya, sehingga diambil angka paling kritisnya. Rekapitulasi perhitungan  $t_f$  dapat dilihat pada **Tabel 4.17**.

Sehingga,

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{0.5}$$

$$V = \frac{1}{0,02} \times 0,1296^{\frac{2}{3}} \times 0,0002^{0.5}$$

$$V = 0,181 \text{ m/s}$$

Maka,

$$t_f = \frac{L}{60 \times V}$$

$$t_f = \frac{90,49}{60 \times 0,181}$$

$$t_f = 8,327 \text{ menit}$$

**Tabel 4.17. Hasil Perhitungan  $t_f$**

No	Nama Saluran	B	H	R	S	L	V	$t_f$
		(m)	(m)			(m)	m/s	menit
1	T0	0.39	0.65	0.15	0.0002	17.854	0.200	1.491
2	T1	0.36	0.7	0.143182	0.0002	133	0.194	11.454
3	T2	0.36	0.7	0.143182	0.0002	126.91	0.194	10.930
4	T3	0.35	0.7	0.14	0.0002	119	0.191	10.403
5	T4	0.35	0.6	0.135484	0.0002	113.46	0.187	10.138
6	T5	0.35	0.5	0.12963	0.0002	108.36	0.181	9.972
7	T6	0.35	0.7	0.14	0.0002	103.86	0.191	9.079
8	T7	0.35	0.5	0.12963	0.0002	94.94	0.181	8.737
9	T8	0.35	0.5	0.12963	0.0002	90.49	0.181	8.327
10	T9	0.35	0.6	0.135484	0.0002	82.82	0.187	7.400
11	T10	0.35	0.5	0.12963	0.0002	81.28	0.181	7.480
12	T11	0.35	0.55	0.132759	0.0002	77.45	0.184	7.015
13	T12	0.35	0.6	0.135484	0.0002	77.18	0.187	6.896
14	T13	0.35	0.6	0.135484	0.0002	75.71	0.187	6.765
15	T14	0.58	0.73	0.207549	0.0004	6.064	0.351	0.288
16	T15	0.58	0.75	0.209135	0.0004	25.6	0.352	1.211
17	T16	0.38	0.72	0.15033	0.0004	8.16	0.283	0.481
18	T17	0.38	0.72	0.15033	0.0004	25.320	0.283	1.493
19	T18	0.38	0.72	0.15033	0.0004	10.663	0.283	0.629
20	T19	0.38	0.72	0.15033	0.0004	22.599	0.283	1.332
21	T20	0.38	0.72	0.15033	0.0004	7.421	0.283	0.437
22	T21	0.6	0.75	0.214286	0.0004	25.651	0.358	1.194
23	T22	0.6	0.75	0.214286	0.0004	10.581	0.358	0.492
24	T23	0.55	0.85	0.207778	0.0004	71.401	0.351	3.392
25	T24	0.55	0.85	0.207778	0.0004	13.972	0.351	0.664

**Tabel 4.17. Hasil Perhitungan tf**

No	Nama Saluran	B	H	R	S	L	V	tf
		(m)	(m)			(m)	m/s	menit
26	T25	0.55	1	0.215686	0.0004	36.775	0.360	1.704
27	T26	0.55	1	0.215686	0.0004	33.882	0.360	1.570
28	T87	0.4	0.6	0.15	0.0002	15	0.200	1.252
29	T27	0.4	0.6	0.15	0.0002	154	0.200	12.858
30	T28	0.35	0.7	0.14	0.0002	103.2	0.191	9.022
31	T29	0.38	0.55	0.141216	0.0002	101.37	0.192	8.811
32	T30	0.3	0.55	0.117857	0.0002	104.14	0.170	10.211
33	T31	0.38	0.62	0.145432	0.0002	103.93	0.196	8.858
34	T32	0.44	0.68	0.166222	0.0002	117.13	0.214	9.132
35	T33	0.38	0.7	0.149438	0.0002	123.04	0.199	10.298
36	T34	0.38	0.55	0.141216	0.0002	123.97	0.192	10.775
37	T35	0.37	0.63	0.143006	0.0002	129.76	0.193	11.184
38	T36	0.38	0.78	0.152784	0.0002	127.58	0.202	10.522
39	T37	0.4	0.76	0.158333	0.0002	127.58	0.207	10.275
40	T38	0.38	0.75	0.151596	0.0002	129.26	0.201	10.716
41	T39	0.4	0.73	0.156989	0.0002	129.26	0.206	10.469
42	T40	0.4	0.65	0.152941	0.0002	128.93	0.202	10.626
43	T41	0.4	0.7	0.155556	0.0002	122.19	0.205	9.957
44	T42	0.5	0.9	0.195652	0.0004	7.71	0.337	0.381
45	T43	0.6	0.7	0.21	0.0004	31.5	0.353	1.486
46	T44	0.55	0.8	0.204651	0.0004	9.5	0.347	0.456
47	T45	0.55	0.8	0.204651	0.0004	30.9	0.347	1.483
48	T46	0.57	0.66	0.199048	0.0004	10.2	0.341	0.499
49	T47	0.55	0.83	0.206561	0.0004	31.129	0.349	1.485
50	T48	0.6	0.8	0.218182	0.0004	9.16	0.362	0.421

**Tabel 4.17. Hasil Perhitungan tf**

No	Nama Saluran	B	H	R	S	L	V	tf
		(m)	(m)			(m)	m/s	menit
51	T49	0.6	0.8	0.218182	0.0004	31.36	0.362	1.442
52	T50	0.56	0.73	0.202376	0.0004	10.322	0.345	0.499
53	T51	0.56	0.8	0.207407	0.0004	28.954	0.350	1.377
54	T52	0.58	0.83	0.214911	0.0004	10	0.359	0.465
55	T53	0.56	0.8	0.207407	0.0004	28.954	0.350	1.377
56	T54	0.6	0.9	0.225	0.0004	10.5	0.370	0.473
57	T55	0.6	0.8	0.218182	0.0004	16.8	0.362	0.773
58	T56	0.6	0.9	0.225	0.0004	32.13	0.370	1.448
59	T57	0.35	0.6	0.135484	0.0002	52.22	0.187	4.666
60	T58	0.35	0.6	0.135484	0.0002	108.39	0.187	9.685
61	T59	0.3	0.55	0.117857	0.0002	114.26	0.170	11.204
62	T60	0.38	0.68	0.148506	0.0002	119.52	0.198	10.046
63	T61	0.35	0.6	0.135484	0.0002	125.64	0.187	11.226
64	T62	0.4	0.68	0.154545	0.0002	121.84	0.204	9.972
65	T63	0.37	0.75	0.148396	0.0002	121.84	0.198	10.246
66	T64	0.32	0.72	0.130909	0.0002	127.96	0.182	11.698
67	T65	0.36	0.6	0.138462	0.0002	126.97	0.189	11.182
68	T66	0.36	0.62	0.1395	0.0002	131.33	0.190	11.508
69	T67	0.36	0.55	0.135616	0.0002	131.33	0.187	11.727
70	T68	0.38	0.7	0.149438	0.0002	129.78	0.199	10.863
71	T69	0.4	0.68	0.154545	0.0002	129.78	0.204	10.622
72	T70	0.4	0.49	0.142029	0.0002	130.24	0.192	11.277
73	T71	0.36	0.75	0.145161	0.0002	130.24	0.195	11.114
74	T72	0.55	0.7	0.197436	0.0004	11.176	0.339	0.549
75	T73	0.55	0.8	0.204651	0.0004	27.895	0.347	1.339

**Tabel 4.17. Hasil Perhitungan tf**

No	Nama Saluran	B	H	R	S	L	V	tf
		(m)	(m)			(m)	m/s	menit
76	T74	0.55	0.76	0.201932	0.0004	13.2	0.344	0.639
77	T75	0.55	0.8	0.204651	0.0004	26.37	0.347	1.266
78	T76	0.55	0.75	0.20122	0.0004	11.988	0.343	0.582
79	T77	0.51	0.85	0.196154	0.0004	26.370	0.338	1.302
80	T78	0.5	0.76	0.188119	0.0004	12.707	0.328	0.645
81	T79	0.55	0.85	0.207778	0.0004	26.654	0.351	1.266
82	T80	0.45	0.78	0.174627	0.0004	14.606	0.312	0.779
83	T81	0.53	0.9	0.204721	0.0004	24.558	0.347	1.178
84	T82	0.5	0.9	0.195652	0.0004	10.599	0.337	0.524
85	T83	0.56	0.92	0.214667	0.0004	27.996	0.359	1.301
86	T84	0.56	0.92	0.214667	0.0004	13	0.359	0.604
87	T85	0.6	0.92	0.22623	0.0004	26.298	0.371	1.181
88	T86	0.6	0.92	0.22623	0.0004	33.482	0.371	1.503
89	T89	0.6	0.92	0.22623	0.0002	261.82	0.263	16.621
90	T88	0.6	0.92	0.22623	0.0002	11.63	0.263	0.738
91	T90	0.6	0.92	0.22623	0.0002	10	0.263	0.635

(Sumber: Hasil Perhitungan)

- Perhitungan nilai tc (waktu konsentrasi)  
Perhitungan waktu konsentrasi (tc) didapat dari penjumlahan waktu aliran air pada permukaan (t0) dengan waktu aliran air pada saluran. Rumus yang dipakai adalah sebagai berikut:

$$tc = t0 + tf$$

#### **Contoh perhitungan tc (T8 saluran tersier)**

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya pada saluran T8, maka perhitungan nilai tc adalah sebagai berikut:

$$t_c = 9,25 + 8,327$$

$$t_c = 17,577 \text{ menit}$$

Hasil perhitungan  $t_c$  selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 4.18** di bawah ini.

**Tabel 4.18. Hasil Perhitungan  $t_c$**

No	Nama Saluran	$t_0$	$t_f$	$t_c$
		menit	menit	menit
1	T0	6.780	1.491	8.270
2	T1	0.841	11.454	12.295
3	T2	9.250	10.930	20.179
4	T3	9.250	10.403	19.653
5	T4	9.250	10.138	19.388
6	T5	9.250	9.972	19.221
7	T6	9.250	9.079	18.329
8	T7	9.250	8.737	17.986
9	T8	9.250	8.327	17.577
10	T9	9.250	7.400	16.650
11	T10	9.250	7.480	16.729
12	T11	9.250	7.015	16.264
13	T12	9.250	6.896	16.146
14	T13	11.742	6.765	18.507
15	T14	12.295	0.288	12.583
16	T15	20.179	1.211	21.390
17	T16	21.390	0.481	21.871
18	T17	21.871	1.493	23.364
19	T18	23.364	0.629	23.992
20	T19	23.992	1.332	25.325
21	T20	25.325	0.437	25.762



**Tabel 4.18. Hasil Perhitungan  $t_c$** 

No	Nama Saluran	$t_0$	$t_f$	$t_c$
		menit	menit	menit
22	T21	25.762	1.194	26.956
23	T22	26.956	0.492	27.448
24	T23	27.448	3.392	30.841
25	T24	30.841	0.664	31.505
26	T25	31.505	1.704	33.209
27	T26	33.209	1.570	34.779
28	T87	7.191	1.252	8.444
29	T27	10.266	12.858	23.123
30	T28	10.266	9.022	19.287
31	T29	10.266	8.811	19.077
32	T30	10.266	10.211	20.477
33	T31	10.266	8.858	19.124
34	T32	10.266	9.132	19.398
35	T33	10.266	10.298	20.564
36	T34	10.266	10.775	21.041
37	T35	10.266	11.184	21.450
38	T36	10.266	10.522	20.788
39	T37	10.266	10.275	20.540
40	T38	10.266	10.716	20.982
41	T39	10.266	10.469	20.735
42	T40	10.266	10.626	20.892
43	T41	10.266	9.957	20.223
44	T42	23.123	0.381	23.504
45	T43	23.504	1.486	24.990
46	T44	24.990	0.456	25.446

**Tabel 4.18. Hasil Perhitungan  $t_c$** 

No	Nama Saluran	$t_0$	$t_f$	$t_c$
		menit	menit	menit
47	T45	25.446	1.483	26.929
48	T46	26.929	0.499	27.428
49	T47	27.428	1.485	28.913
50	T48	28.913	0.421	29.334
51	T49	29.334	1.442	30.776
52	T50	30.776	0.499	31.275
53	T51	31.275	1.377	32.652
54	T52	32.652	0.465	33.117
55	T53	33.117	1.377	34.494
56	T54	34.494	0.473	34.967
57	T55	34.967	0.773	35.740
58	T56	35.740	1.448	37.187
59	T57	22.372	4.666	27.038
60	T58	10.266	9.685	19.951
61	T59	10.266	11.204	21.469
62	T60	10.266	10.046	20.311
63	T61	10.266	11.226	21.492
64	T62	10.266	9.972	20.238
65	T63	10.266	10.246	20.511
66	T64	10.266	11.698	21.964
67	T65	10.266	11.182	21.447
68	T66	10.266	11.508	21.774
69	T67	10.266	11.727	21.993
70	T68	10.266	10.863	21.128
71	T69	10.266	10.622	20.888

**Tabel 4.18. Hasil Perhitungan  $t_c$** 

No	Nama Saluran	$t_0$	$t_f$	$t_c$
		menit	menit	menit
72	T70	10.266	11.277	21.543
73	T71	10.266	11.114	21.380
74	T72	27.038	0.549	27.587
75	T73	27.587	1.339	28.926
76	T74	28.926	0.639	29.565
77	T75	29.565	1.266	30.831
78	T76	30.831	0.582	31.413
79	T77	31.413	1.302	32.715
80	T78	32.715	0.645	33.360
81	T79	33.360	1.266	34.626
82	T80	34.626	0.779	35.405
83	T81	35.405	1.178	36.583
84	T82	36.583	0.524	37.108
85	T83	37.108	1.301	38.409
86	T84	38.409	0.604	39.013
87	T85	39.013	1.181	40.194
88	T86	40.194	1.503	41.697
89	T89	34.779	16.621	51.400
90	T88	41.697	0.738	42.435
91	T90	51.400	0.635	52.035

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### **4.1.4.3. Perhitungan Intensitas Hujan**

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum yang dimiliki hujan adalah makin besar suatu periode ulangnya, makin tinggi intensitasnya. Begitu pula

hubungan dengan durasinya, semakin singkat durasi hujan, maka semakin tinggi intensitas hujannya.

Rumus yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah rumus mononobe yang menggunakan data hujan harian dimana satuan waktu dalam jam dan satuan intensitas dalam millimeter per jam. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

#### **Contoh perhitungan I (T8 saluran tersier)**

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya pada saluran T8 didapat data  $R_{24}$  adalah curah hujan maksimum yang telah didapat dari proses perhitungan sebelumnya yaitu 127,981 mm dan t menggunakan tc Saluran T8 yang telah didapat sebelumnya yaitu 17,577 menit maka perhitungannya adalah:

$$I = \frac{127,981}{24} \left( \frac{24}{17,577} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 100,588 \text{ mm/jam}$$

#### **4.1.4.4. Perhitungan Debit Rencana (Q)**

Debit rencana adalah debit maksimum rencana yang akan mengalir pada saluran. Pada pengerjaan tugas akhir ini debit rencana dihitung dengan metode rasional dimana rumusnya adalah:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

#### **Contoh perhitungan Q (T8 saluran tersier)**

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya pada saluran T8 didapat data Cgabungan yaitu 0,769; intensitas hujan sebesar 100,588 mm/jam; dan luas catchment saluran T8 adalah sebesar 0,00134 km<sup>2</sup>. Maka debit rencana yang didapat adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \times 0,769 \times 100,588 \times 0,00134$$

$$Q = 0,0289 \text{ m}^3/\text{s}$$

Hasil perhitungan debit rencana tiap saluran pada perumahan Sukolilo Dian Regency dapat dilihat pada **Tabel 4.19** berikut ini.

**Tabel 4.19. Perhitungan Debit Rencana (Qhidrologi)**

NO	Nama Saluran	C	I	A	Q
			mm/jam	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
1	T0	0.513	166.2740	0.0002	0.004
2	T1	0.800	127.6532	0.0019	0.055
3	T2	0.780	91.7429	0.0019	0.038
4	T3	0.791	93.3742	0.0019	0.039
5	T4	0.786	94.2235	0.0017	0.035
6	T5	0.779	94.7663	0.0017	0.034
7	T6	0.780	97.8168	0.0017	0.035
8	T7	0.769	99.0559	0.0015	0.031
9	T8	0.769	100.5885	0.0013	0.029
10	T9	0.762	104.2881	0.0013	0.029
11	T10	0.733	103.9577	0.0012	0.026
12	T11	0.735	105.9293	0.0013	0.027
13	T12	0.753	106.4470	0.0012	0.027
14	T13	0.778	97.1906	0.0034	0.072
15	T14	0.778	125.6958	0.0022	0.059
16	T15	0.779	88.2467	0.0042	0.081
17	T16	0.783	86.9480	0.0062	0.117
18	T17	0.784	83.2043	0.0080	0.145
19	T18	0.783	81.7447	0.0097	0.173
20	T19	0.783	78.8521	0.0115	0.197
21	T20	0.782	77.9569	0.0130	0.221
22	T21	0.781	75.6378	0.0145	0.239

**Tabel 4.19. Perhitungan Debit Rencana (Qhidrologi)**

NO	Nama Saluran	C	I	A	Q
			mm/jam	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
23	T22	0.779	74.7304	0.0159	0.258
24	T23	0.669	69.1449	0.0216	0.278
25	T24	0.673	68.1702	0.0229	0.293
26	T25	0.678	65.8175	0.0243	0.302
27	T26	0.691	63.8214	0.0278	0.341
28	T87	0.437	163.9906	0.0002	0.004
29	T27	0.744	83.7808	0.0039	0.068
30	T28	0.745	94.5496	0.0021	0.040
31	T29	0.748	95.2453	0.0019	0.038
32	T30	0.746	90.8518	0.0019	0.036
33	T31	0.738	95.0889	0.0018	0.035
34	T32	0.760	94.1906	0.0021	0.042
35	T33	0.756	90.5949	0.0021	0.039
36	T34	0.756	89.2211	0.0023	0.044
37	T35	0.758	88.0834	0.0023	0.042
38	T36	0.772	89.9442	0.0024	0.047
39	T37	0.764	90.6648	0.0022	0.043
40	T38	0.765	89.3884	0.0024	0.045
41	T39	0.757	90.0965	0.0023	0.044
42	T40	0.766	89.6454	0.0024	0.046
43	T41	0.777	91.6106	0.0025	0.049
44	T42	0.731	82.8723	0.0042	0.070
45	T43	0.738	79.5536	0.0064	0.105
46	T44	0.740	78.6005	0.0084	0.136
47	T45	0.742	75.6878	0.0105	0.164

**Tabel 4.19. Perhitungan Debit Rencana (Qhidrologi)**

NO	Nama Saluran	C	I	A	Q
			mm/jam	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
48	T46	0.742	74.7676	0.0124	0.191
49	T47	0.745	72.1855	0.0147	0.220
50	T48	0.747	71.4928	0.0168	0.249
51	T49	0.749	69.2415	0.0193	0.279
52	T50	0.750	68.5029	0.0217	0.310
53	T51	0.752	66.5629	0.0243	0.339
54	T52	0.753	65.9390	0.0266	0.367
55	T53	0.755	64.1719	0.0292	0.394
56	T54	0.755	63.5918	0.0316	0.422
57	T55	0.756	62.6721	0.0342	0.451
58	T56	0.758	61.0349	0.0369	0.474
59	T57	0.308	75.4850	0.0018	0.012
60	T58	0.709	92.4427	0.0025	0.045
61	T59	0.760	88.0304	0.0021	0.039
62	T60	0.773	91.3450	0.0021	0.042
63	T61	0.771	87.9683	0.0022	0.041
64	T62	0.617	91.5663	0.0022	0.035
65	T63	0.624	90.7501	0.0021	0.033
66	T64	0.742	86.7031	0.0023	0.042
67	T65	0.740	88.0897	0.0023	0.042
68	T66	0.514	87.2069	0.0025	0.031
69	T67	0.525	86.6279	0.0023	0.028
70	T68	0.759	88.9750	0.0023	0.043
71	T69	0.760	89.6571	0.0023	0.044
72	T70	0.762	87.8303	0.0024	0.044

**Tabel 4.19. Perhitungan Debit Rencana (Qhidrologi)**

NO	Nama Saluran	C	I	A	Q
			mm/jam	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
73	T71	0.761	88.2756	0.0025	0.047
74	T72	0.324	74.4795	0.0019	0.013
75	T73	0.548	72.1633	0.0045	0.050
76	T74	0.618	71.1195	0.0067	0.082
77	T75	0.658	69.1597	0.0090	0.114
78	T76	0.681	68.3030	0.0113	0.146
79	T77	0.672	66.4787	0.0136	0.169
80	T78	0.666	65.6189	0.0158	0.192
81	T79	0.677	64.0092	0.0183	0.220
82	T80	0.684	63.0665	0.0207	0.248
83	T81	0.667	61.7049	0.0233	0.267
84	T82	0.655	61.1225	0.0257	0.286
85	T83	0.664	59.7339	0.0281	0.310
86	T84	0.672	59.1154	0.0306	0.338
87	T85	0.679	57.9522	0.0331	0.363
88	T86	0.686	56.5510	0.0359	0.387
89	T89	0.690	49.1888	0.0372	0.351
90	T88	0.724	55.8932	0.0741	0.833
91	T90	0.715	48.7879	0.1020	0.988

(Sumber: Hasil Perhitungan)



#### 4.2. Analisis Hidrolika Tahap Evaluasi

Perhitungan dimensi saluran drainase eksisting pada tahap ini bertujuan untuk mendapatkan nilai  $t_f$  (waktu pengaliran pada saluran) yang digunakan untuk perhitungan sebelumnya. Selain untuk mencari nilai  $t_f$ , dimensi saluran drainase eksisting diperlukan untuk mengetahui apakah saluran tersebut mampu menampung debit banjir rencana sehingga diketahui apakah perlu adanya perencanaan ulang dimensi saluran yang ada.

##### Contoh perhitungan analisis hidrolika (T8 saluran tersier):

$$B = 0,35 \text{ meter}$$

$$H = 0,5 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang saluran} = 90,49 \text{ meter}$$

$$\text{Luas penampang} = 0,175 \text{ m}^2$$

$$\text{Keliling basah} = 1,35 \text{ meter}$$

$$\text{Jari-jari hidrolis} = 0,12963 \text{ meter}$$

$$n \text{ saluran} = 0,02 \text{ (didapat dari Tabel 2.14 dan Tabel 2.15 dimana diasumsikan material saluran eksisting adalah beton dan diambil nilai paling besar)}$$

$$V \text{ (kecepatan)} = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{0,5}$$

$$= 0,1811 \text{ m/s}$$

$$Q = A \times V$$

$$= 0,175 \times 0,1811$$

$$= 0,0317 \text{ m}^3/\text{s}$$

Untuk perhitungan  $Q_{\text{hidrolika}}$  saluran lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.20 berikut ini.

**Tabel 4.20. Hasil Perhitungan  $Q_{\text{Hidrolika}}$**

NO	Nama Saluran	B	H	A	P	R	n	s	V	Q
		m	m	m <sup>2</sup>	m				m/s	m <sup>3</sup> /s
1	T0	0.39	0.65	0.254	1.69	0.150	0.02	0.0002	0.200	0.051
2	T1	0.36	0.7	0.252	1.76	0.143	0.02	0.0002	0.194	0.049
3	T2	0.36	0.7	0.252	1.76	0.143	0.02	0.0002	0.194	0.049

**Tabel 4.20. Hasil Perhitungan Q Hidrolika**

NO	Nama Saluran	B	H	A	P	R	n	s	V	Q
		m	m	m <sup>2</sup>	m				m/s	m <sup>3</sup> /s
4	T3	0.35	0.7	0.245	1.75	0.140	0.02	0.0002	0.191	0.047
5	T4	0.35	0.6	0.210	1.55	0.135	0.02	0.0002	0.187	0.039
6	T5	0.35	0.5	0.175	1.35	0.130	0.02	0.0002	0.181	0.032
7	T6	0.35	0.7	0.245	1.75	0.140	0.02	0.0002	0.191	0.047
8	T7	0.35	0.5	0.175	1.35	0.130	0.02	0.0002	0.181	0.032
9	T8	0.35	0.5	0.175	1.35	0.130	0.02	0.0002	0.181	0.032
10	T9	0.35	0.6	0.210	1.55	0.135	0.02	0.0002	0.187	0.039
11	T10	0.35	0.5	0.175	1.35	0.130	0.02	0.0002	0.181	0.032
12	T11	0.35	0.55	0.193	1.45	0.133	0.02	0.0002	0.184	0.035
13	T12	0.35	0.6	0.210	1.55	0.135	0.02	0.0002	0.187	0.039
14	T13	0.35	0.6	0.210	1.55	0.135	0.02	0.0002	0.187	0.039
15	T14	0.58	0.73	0.423	2.04	0.208	0.02	0.0004	0.351	0.148
16	T15	0.58	0.75	0.435	2.08	0.209	0.02	0.0004	0.352	0.153
17	T16	0.38	0.72	0.274	1.82	0.150	0.02	0.0004	0.283	0.077
18	T17	0.38	0.72	0.274	1.82	0.150	0.02	0.0004	0.283	0.077
19	T18	0.38	0.72	0.274	1.82	0.150	0.02	0.0004	0.283	0.077
20	T19	0.38	0.72	0.274	1.82	0.150	0.02	0.0004	0.283	0.077
21	T20	0.38	0.72	0.274	1.82	0.150	0.02	0.0004	0.283	0.077
22	T21	0.6	0.75	0.450	2.1	0.214	0.02	0.0004	0.358	0.161
23	T22	0.6	0.75	0.450	2.1	0.214	0.02	0.0004	0.358	0.161
24	T23	0.55	0.85	0.468	2.25	0.208	0.02	0.0004	0.351	0.164
25	T24	0.55	0.85	0.468	2.25	0.208	0.02	0.0004	0.351	0.164
26	T25	0.55	1	0.550	2.55	0.216	0.02	0.0004	0.360	0.198
27	T26	0.55	1	0.550	2.55	0.216	0.02	0.0004	0.360	0.198
28	T87	0.4	0.6	0.240	1.6	0.150	0.02	0.0002	0.200	0.048
29	T27	0.4	0.6	0.240	1.6	0.150	0.02	0.0002	0.200	0.048

**Tabel 4.20. Hasil Perhitungan Q Hidrolika**

NO	Nama Saluran	B	H	A	P	R	n	s	V	Q
		m	m	m <sup>2</sup>	m				m/s	m <sup>3</sup> /s
30	T28	0.35	0.7	0.245	1.75	0.140	0.02	0.0002	0.191	0.047
31	T29	0.38	0.55	0.209	1.48	0.141	0.02	0.0002	0.192	0.040
32	T30	0.3	0.55	0.165	1.4	0.118	0.02	0.0002	0.170	0.028
33	T31	0.38	0.62	0.236	1.62	0.145	0.02	0.0002	0.196	0.046
34	T32	0.44	0.68	0.299	1.8	0.166	0.02	0.0002	0.214	0.064
35	T33	0.38	0.7	0.266	1.78	0.149	0.02	0.0002	0.199	0.053
36	T34	0.38	0.55	0.209	1.48	0.141	0.02	0.0002	0.192	0.040
37	T35	0.37	0.63	0.233	1.63	0.143	0.02	0.0002	0.193	0.045
38	T36	0.38	0.78	0.296	1.94	0.153	0.02	0.0002	0.202	0.060
39	T37	0.4	0.76	0.304	1.92	0.158	0.02	0.0002	0.207	0.063
40	T38	0.38	0.75	0.285	1.88	0.152	0.02	0.0002	0.201	0.057
41	T39	0.4	0.73	0.292	1.86	0.157	0.02	0.0002	0.206	0.060
42	T40	0.4	0.65	0.260	1.7	0.153	0.02	0.0002	0.202	0.053
43	T41	0.4	0.7	0.280	1.8	0.156	0.02	0.0002	0.205	0.057
44	T42	0.5	0.9	0.450	2.3	0.196	0.02	0.0004	0.337	0.152
45	T43	0.6	0.7	0.420	2	0.210	0.02	0.0004	0.353	0.148
46	T44	0.55	0.8	0.440	2.15	0.205	0.02	0.0004	0.347	0.153
47	T45	0.55	0.8	0.440	2.15	0.205	0.02	0.0004	0.347	0.153
48	T46	0.57	0.66	0.376	1.89	0.199	0.02	0.0004	0.341	0.128
49	T47	0.55	0.83	0.457	2.21	0.207	0.02	0.0004	0.349	0.160
50	T48	0.6	0.8	0.480	2.2	0.218	0.02	0.0004	0.362	0.174
51	T49	0.6	0.8	0.480	2.2	0.218	0.02	0.0004	0.362	0.174
52	T50	0.56	0.73	0.409	2.02	0.202	0.02	0.0004	0.345	0.141
53	T51	0.56	0.8	0.448	2.16	0.207	0.02	0.0004	0.350	0.157
54	T52	0.58	0.83	0.481	2.24	0.215	0.02	0.0004	0.359	0.173

**Tabel 4.20. Hasil Perhitungan Q Hidrolika**

NO	Nama Saluran	B	H	A	P	R	n	s	V	Q
		m	m	m <sup>2</sup>	m				m/s	m <sup>3</sup> /s
55	T53	0.56	0.8	0.448	2.16	0.207	0.02	0.0004	0.350	0.157
56	T54	0.6	0.9	0.540	2.4	0.225	0.02	0.0004	0.370	0.200
57	T55	0.6	0.8	0.480	2.2	0.218	0.02	0.0004	0.362	0.174
58	T56	0.6	0.9	0.540	2.4	0.225	0.02	0.0004	0.370	0.200
59	T57	0.35	0.6	0.210	1.55	0.135	0.02	0.0002	0.187	0.039
60	T58	0.35	0.6	0.210	1.55	0.135	0.02	0.0002	0.187	0.039
61	T59	0.3	0.55	0.165	1.4	0.118	0.02	0.0002	0.170	0.028
62	T60	0.38	0.68	0.258	1.74	0.149	0.02	0.0002	0.198	0.051
63	T61	0.35	0.6	0.210	1.55	0.135	0.02	0.0002	0.187	0.039
64	T62	0.4	0.68	0.272	1.76	0.155	0.02	0.0002	0.204	0.055
65	T63	0.37	0.75	0.278	1.87	0.148	0.02	0.0002	0.198	0.055
66	T64	0.32	0.72	0.230	1.76	0.131	0.02	0.0002	0.182	0.042
67	T65	0.36	0.6	0.216	1.56	0.138	0.02	0.0002	0.189	0.041
68	T66	0.36	0.62	0.223	1.6	0.140	0.02	0.0002	0.190	0.042
69	T67	0.36	0.55	0.198	1.46	0.136	0.02	0.0002	0.187	0.037
70	T68	0.38	0.7	0.266	1.78	0.149	0.02	0.0002	0.199	0.053
71	T69	0.4	0.68	0.272	1.76	0.155	0.02	0.0002	0.204	0.055
72	T70	0.4	0.49	0.196	1.38	0.142	0.02	0.0002	0.192	0.038
73	T71	0.36	0.75	0.270	1.86	0.145	0.02	0.0002	0.195	0.053
74	T72	0.55	0.7	0.385	1.95	0.197	0.02	0.0004	0.339	0.131
75	T73	0.55	0.8	0.440	2.15	0.205	0.02	0.0004	0.347	0.153
76	T74	0.55	0.76	0.418	2.07	0.202	0.02	0.0004	0.344	0.144
77	T75	0.55	0.8	0.440	2.15	0.205	0.02	0.0004	0.347	0.153
78	T76	0.55	0.75	0.413	2.05	0.201	0.02	0.0004	0.343	0.142
79	T77	0.51	0.85	0.434	2.21	0.196	0.02	0.0004	0.338	0.146
80	T78	0.5	0.76	0.380	2.02	0.188	0.02	0.0004	0.328	0.125

**Tabel 4.20. Hasil Perhitungan Q Hidrolika**

NO	Nama Saluran	B	H	A	P	R	n	s	V	Q
		m	m	m <sup>2</sup>	m				m/s	m <sup>3</sup> /s
81	T79	0.55	0.85	0.468	2.25	0.208	0.02	0.0004	0.351	0.164
82	T80	0.45	0.78	0.351	2.01	0.175	0.02	0.0004	0.312	0.110
83	T81	0.53	0.9	0.477	2.33	0.205	0.02	0.0004	0.347	0.166
84	T82	0.5	0.9	0.450	2.3	0.196	0.02	0.0004	0.337	0.152
85	T83	0.56	0.92	0.515	2.4	0.215	0.02	0.0004	0.359	0.185
86	T84	0.56	0.92	0.515	2.4	0.215	0.02	0.0004	0.359	0.185
87	T85	0.6	0.92	0.552	2.44	0.226	0.02	0.0004	0.371	0.205
88	T86	0.6	0.92	0.552	2.44	0.226	0.02	0.0004	0.371	0.205
89	T89	0.6	0.92	0.552	2.44	0.226	0.02	0.0002	0.263	0.145
90	T88	0.6	0.92	0.552	2.44	0.226	0.02	0.0002	0.263	0.145
91	T90	0.6	0.92	0.552	2.44	0.226	0.02	0.0002	0.263	0.145

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### 4.2.1. Evaluasi Saluran Eksisting

Dari contoh perhitungan diatas, akan didapat Qhidrologi dan Qhidrolika eksisting saluran tersier Sukolilo Dian Regency. Evaluasi dilakukan dengan cara membandingkan Qhidrologi dengan Qhidrolika. Jika didapat Qhidrologi lebih besar daripada Qhidrolika, maka perlu adanya evaluasi saluran eksisting. Hasil rekap perhitungan debit hidrologi dan hidrolika dapat dilihat pada **Tabel 4.21**.

Namun dalam pengerjaan tugas akhir ini, tidak hanya menggunakan parameter itu saja yang menjadi acuan adanya evaluasi saluran. Adanya keseragaman dalam sistem drainase perumahan juga perlu diperhatikan melihat adanya ancaman genangan yang timbul saat dalam sistem drainase terdapat *bottleneck channel*. Sehingga untuk mencegah adanya genangan, dalam tugas akhir ini direncanakan menggunakan u-ditch precast pada semua saluran dalam sistem drainase.

U-ditch adalah saluran dari beton bertulang dengan bentuk penampang huruf U dan juga bisa diberi tutup. Dalam pengerjaan tugas akhir ini u-ditch direncanakan menggunakan tutup.

**Tabel 4.21. Perbandingan Debit Hidrologi dan Hidrolika**

No	Nama Saluran	Q Hidrologi	Q Hidrolika	Hasil Evaluasi
		m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	
1	T0	0.0039	0.0506	OK
2	T1	0.0546	0.0488	NOT OK
3	T2	0.0383	0.0488	OK
4	T3	0.0387	0.0467	OK
5	T4	0.0346	0.0392	OK
6	T5	0.0342	0.0317	NOT OK
7	T6	0.0355	0.0467	OK
8	T7	0.0314	0.0317	OK
9	T8	0.0289	0.0317	OK
10	T9	0.0294	0.0392	OK
11	T10	0.0257	0.0317	OK
12	T11	0.0271	0.0354	OK
13	T12	0.0269	0.0392	OK
14	T13	0.0721	0.0392	NOT OK
15	T14	0.0587	0.1484	OK
16	T15	0.0809	0.1533	OK
17	T16	0.1168	0.0774	NOT OK
18	T17	0.1449	0.0774	NOT OK
19	T18	0.1729	0.0774	NOT OK
20	T19	0.1974	0.0774	NOT OK
21	T20	0.2205	0.0774	NOT OK
22	T21	0.2385	0.1611	NOT OK
23	T22	0.2579	0.1611	NOT OK

**Tabel 4.21. Perbandingan Debit Hidrologi dan Hidrolika**

No	Nama Saluran	Q Hidrologi	Q Hidrolika	Hasil Evaluasi
		m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	
24	T23	0.2784	0.1640	NOT OK
25	T24	0.2929	0.1640	NOT OK
26	T25	0.3019	0.1978	NOT OK
27	T26	0.3412	0.1978	NOT OK
28	T87	0.0037	0.0479	OK
29	T27	0.0684	0.0479	NOT OK
30	T28	0.0405	0.0467	OK
31	T29	0.0376	0.0401	OK
32	T30	0.0358	0.0280	NOT OK
33	T31	0.0353	0.0461	OK
34	T32	0.0421	0.0640	OK
35	T33	0.0392	0.0530	OK
36	T34	0.0437	0.0401	NOT OK
37	T35	0.0424	0.0451	OK
38	T36	0.0468	0.0599	OK
39	T37	0.0426	0.0629	OK
40	T38	0.0451	0.0573	OK
41	T39	0.0441	0.0601	OK
42	T40	0.0463	0.0526	OK
43	T41	0.0492	0.0573	OK
44	T42	0.0701	0.1517	OK
45	T43	0.1049	0.1484	OK
46	T44	0.1358	0.1528	OK
47	T45	0.1639	0.1528	NOT OK
48	T46	0.1908	0.1282	NOT OK

**Tabel 4.21. Perbandingan Debit Hidrologi dan Hidrolika**

No	Nama Saluran	Q Hidrologi	Q Hidrolika	Hasil Evaluasi
		m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	
49	T47	0.2195	0.1595	NOT OK
50	T48	0.2493	0.1740	NOT OK
51	T49	0.2786	0.1740	NOT OK
52	T50	0.3097	0.1409	NOT OK
53	T51	0.3385	0.1570	NOT OK
54	T52	0.3674	0.1727	NOT OK
55	T53	0.3936	0.1570	NOT OK
56	T54	0.4224	0.1998	NOT OK
57	T55	0.4506	0.1740	NOT OK
58	T56	0.4743	0.1998	NOT OK
59	T57	0.0119	0.0392	OK
60	T58	0.0449	0.0392	NOT OK
61	T59	0.0392	0.0280	NOT OK
62	T60	0.0418	0.0512	OK
63	T61	0.0414	0.0392	NOT OK
64	T62	0.0348	0.0554	OK
65	T63	0.0332	0.0550	OK
66	T64	0.0416	0.0420	OK
67	T65	0.0422	0.0409	NOT OK
68	T66	0.0311	0.0425	OK
69	T67	0.0285	0.0370	OK
70	T68	0.0426	0.0530	OK
71	T69	0.0445	0.0554	OK
72	T70	0.0439	0.0377	NOT OK
73	T71	0.0466	0.0527	OK



**Tabel 4.21. Perbandingan Debit Hidrologi dan Hidrolika**

No	Nama Saluran	Q Hidrologi	Q Hidrolika	Hasil Evaluasi
		m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	
74	T72	0.0128	0.1305	OK
75	T73	0.0495	0.1528	OK
76	T74	0.0817	0.1439	OK
77	T75	0.1137	0.1528	OK
78	T76	0.1455	0.1416	NOT OK
79	T77	0.1692	0.1463	NOT OK
80	T78	0.1921	0.1248	NOT OK
81	T79	0.2200	0.1640	NOT OK
82	T80	0.2482	0.1097	NOT OK
83	T81	0.2671	0.1657	NOT OK
84	T82	0.2856	0.1517	NOT OK
85	T83	0.3102	0.1847	NOT OK
86	T84	0.3376	0.1847	NOT OK
87	T85	0.3626	0.2049	NOT OK
88	T86	0.3868	0.2049	NOT OK
89	T89	0.3508	0.1449	NOT OK
90	T88	0.8334	0.1449	NOT OK
91	T90	0.9883	0.1449	NOT OK

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### **4.2.1.1. Perencanaan U-ditch dan Elevasi**

Dalam perencanaan sistem drainase tugas akhir ini direncanakan terdapat 2 outlet, sehingga kapasitas setiap saluran tidak terlalu besar. Sehingga dimensi baru direncanakan menggunakan skema jaringan yang baru. Skema jaringan baru dapat dilihat di gambar pada lampiran.

U-ditch pada sistem drainase perumahan direncanakan berdasarkan data debit hidrologi yang telah diperhitungkan

sebelumnya. Kapasitas U-ditch harus bisa menampung paling tidak sebesar debit rencana atau bisa lebih.

**Contoh perhitungan U-ditch (T8 saluran tersier)**

$$Q_{\text{hidrologi}} = 0,0289 \text{ m}^3/\text{s}$$

Direncanakan U-ditch dengan dimensi  $B=0,4 \text{ m}$ ,  $H=0,4 \text{ m}$ ,  $H_{\text{jagaan}}=0,2 \text{ m}$ . Perhitungan debit yang dapat ditampung oleh saluran U-ditch menggunakan  $n$  manning yang dapat dilihat pada Tabel 2.12 dengan asumsi saluran U-ditch merupakan saluran tanpa pasangan dengan material semen mortar dan diambil angka paling besar yaitu 0,15. Maka perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{B \times H}{B + 2H}$$

$$R = 0,1333$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{0,5}$$

$$V = \frac{1}{0,015} \times 0,1333^{\frac{2}{3}} \times 0,0002^{0,5}$$

$$V = 0,246 \text{ m/s}$$

Maka,

$$Q_{\text{hidrolika}} = A \times V$$

$$Q_{\text{hidrolika}} = 0,16 \times 0,246$$

$$Q_{\text{hidrolika}} = 0,0394 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sehingga, bisa disimpulkan bahwa saluran T8 yang telah diganti dengan U-ditch dapat menampung debit rencana karena  $Q_{\text{hidrolika}} > Q_{\text{hidrologi}}$ . **Tabel 4.22** Berikut adalah hasil perhitungan evaluasi saluran drainase yang telah diganti dengan U-ditch.

Sedangkan perhitungan elevasi saluran didasarkan pada data elevasi eksisting. Elevasi harus diruntuturut dari titik outlet menuju titik terjauh perumahan dengan elevasi tiap saluran yang berbeda. Berdasarkan hasil perhitungan selisih kontur dari titik-titik terjauh perumahan, didapat elevasi rata-rata saluran arah barat-timur sebesar 0,0002 sedangkan elevasi rata-rata saluran arah utara-selatan (saluran sekunder) sebesar 0,0004.

**Tabel 4.22. Hasil Perhitungan Dimensi U-ditch**

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	S	B	H	V	Q	H	U-ditch pakai	
				m	m	m/s	m <sup>3</sup> /s	Jagaan (m)	B (m)	H (m)
1	T0	TERSIER	0.0002	0.40	0.40	0.246	0.039	0.2	0.4	0.6
2	T1	TERSIER	0.0002	0.50	0.50	0.286	0.071	0.2	0.5	0.7
3	T2	TERSIER	0.0002	0.50	0.40	0.271	0.054	0.2	0.5	0.6
4	T3	TERSIER	0.0002	0.50	0.40	0.271	0.054	0.2	0.5	0.6
5	T4	TERSIER	0.0002	0.40	0.40	0.246	0.039	0.2	0.4	0.6
6	T5	TERSIER	0.0002	0.40	0.40	0.246	0.039	0.2	0.4	0.6
7	T6	TERSIER	0.0002	0.40	0.40	0.246	0.039	0.2	0.4	0.6
8	T7	TERSIER	0.0002	0.40	0.40	0.246	0.039	0.2	0.4	0.6
9	T8	TERSIER	0.0002	0.40	0.40	0.246	0.039	0.2	0.4	0.6
10	T9	TERSIER	0.0002	0.40	0.40	0.246	0.039	0.2	0.4	0.6
11	T10	TERSIER	0.0002	0.40	0.40	0.246	0.039	0.2	0.4	0.6
12	T11	TERSIER	0.0002	0.40	0.40	0.246	0.039	0.2	0.4	0.6
13	T12	TERSIER	0.0002	0.40	0.40	0.246	0.039	0.2	0.4	0.6
14	T13	TERSIER	0.0002	0.60	0.50	0.309	0.093	0.2	0.6	0.7
15	T14	SEKUNDER	0.0004	0.60	0.40	0.411	0.099	0.2	0.6	0.6
16	T15	SEKUNDER	0.0004	0.60	0.40	0.411	0.099	0.2	0.6	0.6
17	T16	SEKUNDER	0.0004	0.60	0.60	0.456	0.164	0.2	0.6	0.8
18	T17	SEKUNDER	0.0004	0.60	0.60	0.456	0.164	0.2	0.6	0.8
19	T18	SEKUNDER	0.0004	0.80	0.60	0.515	0.247	0.2	0.8	0.8
20	T19	SEKUNDER	0.0004	0.80	0.60	0.515	0.247	0.2	0.8	0.8

**Tabel 4.22. Hasil Perhitungan Dimensi U-ditch**

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	S	B	H	V	Q	H	U-ditch pakai	
				m	m	m/s	m <sup>3</sup> /s	Jagaan (m)	B (m)	H (m)
21	T20	SEKUNDER	0.0004	0.80	0.60	0.515	0.247	0.2	0.8	0.8
22	T21	SEKUNDER	0.0004	0.80	0.60	0.515	0.247	0.2	0.8	0.8
23	T22	SEKUNDER	0.0004	0.80	0.80	0.552	0.354	0.2	0.8	1
24	T23	SEKUNDER	0.0004	0.80	0.80	0.552	0.354	0.2	0.8	1
25	T24	SEKUNDER	0.0004	1	0.80	0.608	0.486	0.2	1	1
26	T25	SEKUNDER	0.0004	1	0.80	0.608	0.486	0.2	1	1
27	T26	SEKUNDER	0.0004	1	0.80	0.608	0.486	0.2	1	1
28	T87	TERSIER	0.0002	0.50	0.50	0.286	0.071	0.2	0.5	0.7
29	T27	TERSIER	0.0002	0.60	0.50	0.309	0.093	0.2	0.6	0.7
30	T28	TERSIER	0.0002	0.50	0.50	0.286	0.071	0.2	0.5	0.7
31	T29	TERSIER	0.0002	0.50	0.50	0.286	0.071	0.2	0.5	0.7
32	T30	TERSIER	0.0002	0.50	0.50	0.286	0.071	0.2	0.5	0.7
33	T31	TERSIER	0.0002	0.50	0.50	0.286	0.071	0.2	0.5	0.7
34	T32	TERSIER	0.0002	0.50	0.50	0.286	0.071	0.2	0.5	0.7
35	T33	TERSIER	0.0002	0.50	0.50	0.286	0.071	0.2	0.5	0.7
36	T34	TERSIER	0.0002	0.50	0.50	0.286	0.071	0.2	0.5	0.7
37	T35	TERSIER	0.0002	0.50	0.50	0.286	0.071	0.2	0.5	0.7
38	T36	TERSIER	0.0002	0.50	0.50	0.286	0.071	0.2	0.5	0.7
39	T37	SEKUNDER	0.0002	1	0.80	0.430	0.344	0.2	1	1
40	T38	TERSIER	0.0002	0.50	0.40	0.271	0.054	0.2	0.5	0.6
41	T39	TERSIER	0.0002	0.50	0.40	0.271	0.054	0.2	0.5	0.6
42	T40	TERSIER	0.0002	0.50	0.40	0.271	0.054	0.2	0.5	0.6
43	T41	TERSIER	0.0002	0.50	0.40	0.271	0.054	0.2	0.5	0.6
44	T42	SEKUNDER	0.0004	0.60	0.50	0.437	0.131	0.2	0.6	0.7
45	T43	SEKUNDER	0.0004	0.60	0.50	0.437	0.131	0.2	0.6	0.7

**Tabel 4.22. Hasil Perhitungan Dimensi U-ditch**

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	S	B	H	V	Q	H	U-ditch pakai	
				m	m	m/s	m <sup>3</sup> /s	Jagaan (m)		
46	T44	SEKUNDER	0.0004	0.8	0.6	0.515	0.247	0.2	0.8	0.8
47	T45	SEKUNDER	0.0004	0.8	0.6	0.515	0.247	0.2	0.8	0.8
48	T46	SEKUNDER	0.0004	0.8	0.6	0.515	0.247	0.2	0.8	0.8
49	T47	SEKUNDER	0.0004	0.8	0.7	0.536	0.300	0.2	0.8	0.9
50	T48	SEKUNDER	0.0004	0.8	0.7	0.536	0.300	0.2	0.8	0.9
51	T49	SEKUNDER	0.0004	0.8	0.8	0.552	0.354	0.2	0.8	1
52	T50	SEKUNDER	0.0004	1	0.8	0.608	0.486	0.2	1	1
53	T51	SEKUNDER	0.0004	1	0.8	0.608	0.486	0.2	1	1
54	T52	SEKUNDER	0.0004	0.4	0.4	0.348	0.056	0.2	0.4	0.6
55	T53	SEKUNDER	0.0004	0.4	0.4	0.348	0.056	0.2	0.4	0.6
56	T54	SEKUNDER	0.0004	0.5	0.5	0.404	0.101	0.2	0.5	0.7
57	T55	SEKUNDER	0.0004	0.6	0.6	0.456	0.164	0.2	0.6	0.8
58	T56	SEKUNDER	0.0004	0.8	0.6	0.515	0.247	0.2	0.8	0.8
59	T57	TERSIER	0.0002	0.5	0.5	0.286	0.071	0.2	0.5	0.7
60	T58	TERSIER	0.0002	0.5	0.5	0.286	0.071	0.2	0.5	0.7
61	T59	TERSIER	0.0002	0.5	0.5	0.286	0.071	0.2	0.5	0.7
62	T60	TERSIER	0.0002	0.5	0.5	0.286	0.071	0.2	0.5	0.7
63	T61	TERSIER	0.0002	0.5	0.5	0.286	0.071	0.2	0.5	0.7
64	T62	TERSIER	0.0002	0.5	0.5	0.286	0.071	0.2	0.5	0.7
65	T63	TERSIER	0.0002	0.5	0.5	0.286	0.071	0.2	0.5	0.7
66	T64	TERSIER	0.0002	0.5	0.5	0.286	0.071	0.2	0.5	0.7
67	T65	TERSIER	0.0002	0.5	0.5	0.286	0.071	0.2	0.5	0.7
68	T66	TERSIER	0.0002	0.5	0.5	0.286	0.071	0.2	0.5	0.7
69	T67	SEKUNDER	0.0002	1	0.8	0.430	0.344	0.2	1	1
70	T68	TERSIER	0.0002	0.5	0.4	0.271	0.054	0.2	0.5	0.6

**Tabel 4.22. Hasil Perhitungan Dimensi U-ditch**

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	S	B	H	V	Q	H	U-ditch pakai	
				m	m	m/s	m <sup>3</sup> /s	Jagaan (m)	B (m)	H (m)
71	T69	TERSIER	0.0002	0.5	0.4	0.271	0.054	0.2	0.5	0.6
72	T70	TERSIER	0.0002	0.5	0.4	0.271	0.054	0.2	0.5	0.6
73	T71	TERSIER	0.0002	0.5	0.4	0.271	0.054	0.2	0.5	0.6
74	T72	SEKUNDER	0.0004	0.6	0.6	0.456	0.164	0.2	0.6	0.8
75	T73	SEKUNDER	0.0004	0.6	0.6	0.456	0.164	0.2	0.6	0.8
76	T74	SEKUNDER	0.0004	0.6	0.6	0.456	0.164	0.2	0.6	0.8
77	T75	SEKUNDER	0.0004	0.6	0.6	0.456	0.164	0.2	0.6	0.8
78	T76	SEKUNDER	0.0004	0.8	0.6	0.515	0.247	0.2	0.8	0.8
79	T77	SEKUNDER	0.0004	0.8	0.6	0.515	0.247	0.2	0.8	0.8
80	T78	SEKUNDER	0.0004	0.8	0.7	0.536	0.300	0.2	0.8	0.9
81	T79	SEKUNDER	0.0004	0.8	0.8	0.552	0.354	0.2	0.8	1
82	T80	SEKUNDER	0.0004	0.8	0.8	0.552	0.354	0.2	0.8	1
83	T81	SEKUNDER	0.0004	1	0.8	0.608	0.486	0.2	1	1
84	T91	SEKUNDER	0.0004	1	0.8	0.608	0.486	0.2	1	1
85	T82	SEKUNDER	0.0004	0.4	0.4	0.348	0.056	0.2	0.4	0.6
86	T83	SEKUNDER	0.0004	0.4	0.4	0.348	0.056	0.2	0.4	0.6
87	T84	SEKUNDER	0.0004	0.5	0.5	0.404	0.101	0.2	0.5	0.7
88	T85	SEKUNDER	0.0004	0.6	0.5	0.437	0.131	0.2	0.6	0.7
89	T86	SEKUNDER	0.0002	0.8	0.6	0.515	0.247	0.2	0.8	0.8
90	T89	SEKUNDER	0.0002	0.8	0.6	0.364	0.175	0.2	0.8	0.8
91	T88	SEKUNDER	0.0002	1	0.8	0.430	0.344	0.2	1	1
92	T90	SEKUNDER	0.0002	1.2	1	0.490	0.588	0.2	1.2	1.2

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Elevasi eksisting sistem drainase perumahan didapat dari data kontur Surabaya Drainage Master Plan. Sedangkan perhitungan elevasi saluran rencana diruntut dari elevasi muka air di saluran sekunder. Dari titik tersebut akan diketahui titik-titik yang dicari.

Diketahui elevasi muka air saluran sekunder (outlet) saat keadaan full bank capacity adalah 3,398 sehingga titik ini yang menjadi acuan dalam perhitungan elevasi di bagian hulu.

#### **Contoh perhitungan T90**

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi muka air hulu} &= 3,4 \\
 \text{Elevasi muka air hilir} &= 3,4 - L \times s \\
 &= 3,4 - 10 \times 0,0002 \\
 &= 3,398 \\
 \text{Elevasi dasar saluran hulu} &= 3,4 - h \text{ pakai uditch} \\
 &= 3,4 - 1 \\
 &= 2,4 \\
 \text{Elevasi dasar saluran hilir} &= 3,398 - h \text{ pakai uditch} \\
 &= 3,398 - 1 \\
 &= 2,398 \\
 \text{Elevasi tanah asli hulu} &= 2,4 + h \text{ uditch} \\
 &= 2,4 + 1,2 \\
 &= 3,6 \\
 \text{Elevasi tanah asli hilir} &= 2,398 + h \text{ uditch} \\
 &= 2,398 + 1,2 \\
 &= 3,598
 \end{aligned}$$

Perhitungan elevasi secara lengkap dapat dilihat pada **Tabel 20** dan **Tabel 21** di lampiran.

#### 4.2.1.2. Perencanaan Tutup U-Ditch

Perencanaan tutup u-ditch dalam sistem drainase perumahan berfungsi untuk menutup saluran drainase yang berada di bawah jalan sehingga jalan tersebut tetap bisa digunakan sebagai lalu lalang warga perumahan. Tutup u-ditch direncanakan menggunakan tutup u-ditch berjenis *light duty cover type 2* yang dapat dilihat pada **Gambar 3** pada lampiran. Penempatan dan panjang u-ditch yang dibutuhkan dalam perumahan dapat dilihat pada gambar tata guna lahan dan denah perumahan. Sedangkan hasil rekapitulasi pemakaian tutup u-ditch dapat dilihat pada **Tabel 4.23** berikut ini:

**Tabel 4.23. Rekapitulasi Tutup U-Ditch**

No	Nama Saluran	B	L	Jenis	Jumlah
		(m)	(m)		
1	T14	0.6	6.064	CLU 50	2
2	T16	0.6	8.16	CLU 50	2
3	T18	0.8	10.663	CLU 80	2
4	T20	0.8	7.421	CLU 80	2
5	T22	0.8	10.581	CLU 80	2
6	T24	1	13.972	CLU 100	2
7	T26	1	33.882	CLU 100	3
8	T42	0.6	7.71	CLU 50	2
9	T44	0.8	9.5	CLU 80	2
10	T46	0.8	10.2	CLU 80	2
11	T48	0.8	9.16	CLU 80	2
12	T50	1	10.322	CLU 100	1
13	T52	1	10	CLU 100	1
14	T54	1	10.5	CLU 100	1
15	T56	1	32.13	CLU 100	3
16	T72	0.6	11.176	CLU 50	2
17	T74	0.6	13.200	CLU 50	3



**Tabel 4.23. Rekapitulasi Tutup U-Ditch**

No	Nama Saluran	B	L	Jenis	Jumlah
		(m)	(m)		
18	T76	0.8	11.988	CLU 80	2
19	T78	0.8	12.707	CLU 80	3
43	T80	0.8	14.606	CLU 80	3
44	T82	1	10.599	CLU 100	1
45	T84	1	13	CLU 100	2
46	T86	1	33.482	CLU 100	3

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### 4.2.2. Evaluasi Saluran Hulu

Perencanaan ulang sistem drainase pada tugas akhir ini hanya meninjau perumahan Sukolilo Dian Regency. Namun adanya debit tambahan pada saluran sekunder di bagian hulu (sebelum perumahan) juga harus diperhatikan. Jika tidak dihiraukan, dikhawatirkan perencanaan pada perumahan tidak dapat berkesinambungan dengan perencanaan selanjutnya.

Dari hasil survey didapat adanya debit masukan lain pada bagian hulu saluran sekunder Kali Wonokromo yaitu dari Apartemen Dian Regency. Sedangkan saluran sekunder Kali Wonokromo hanya berupa saluran alam dan belum direncanakan secara berkelanjutan. Saat hujan dengan intensitas tinggi turun dibarengi dengan datangnya pasang, saluran sekunder ini tentunya tidak dapat menampung debit dari Apartemen Dian Regency dan perumahan Sukolilo Dian Regency.

Analisis hidrolika pada Apartemen Dian Regency memiliki kesamaan dalam semua perhitungannya. Dari hasil survey lapangan, didapat beberapa data yang diperlukan untuk menghitung debit hidrolika Apartemen Dian Regency. Data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

B saluran = 1 meter

H saluran = 1 meter

L saluran = 95,59 meter  
 S saluran = 0,0004  
 V = 0,641 m/s  
 tf = 2,845 menit

Sedangkan perhitungan debit hidrologi Apartemen Dian Regency juga memiliki kesamaan seperti pada perhitungan debit hidrologi pada perumahan Sukolilo Dian Regency. **Tabel 4.24** berikut adalah hasil perhitungan debit rencana Apartemen Dian Regency:

**Tabel 4.24. Perhitungan Debit Hidrologi ADR**

Luas (m <sup>2</sup> )		C		L (m)		S	
Bangunan	1619	Bangunan	0.8	Bangunan	56.96	Bangunan	0.0002
Jalan	939	Jalan	0.8	Jalan	89.67	Jalan	0.02
Lahan	5371	Lahan	0.2	Lahan	89.67	Lahan	0.02
Total Luas	7929	Gabungan	0.394				

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tinggi bangunan Apartemen Dian Regency setinggi 86 meter. Dengan rumus  $\sqrt{2 \times g \times h}$  maka didapat kecepatan air mengalir pada bangunan sebesar 41 m/s. Setelah didapat kecepatan air mengalir dari titik tertinggi apartemen, maka dicari waktu air mengalir dari titik tertinggi bangunan. Dengan rumus  $\frac{L}{V}$ , maka didapat waktu yang dibutuhkan air mengalir dari titik tertinggi bangunan sebesar 0,0349 menit, waktu ini harus ditambah dengan waktu air mengalir dari titik terjauh apartemen dimana panjang bangunan dapat dilihat pada **Tabel 4.24** sepanjang 56,96 meter. Dengan rumus  $t_0 = 1,44 \times \left( \frac{N \times L}{S^{0,5}} \right)^{0,467}$ , maka didapat waktu yang dibutuhkan air mengalir dari titik terjauh bangunan sebesar 11,182 menit, sehingga t0 bangunan didapat dari penjumlahan 0,0349 dan 11,182. Maka t0 bangunan sebesar 11,216 menit. Hasil perhitungan

$t_0$  pada Apartemen Dian Regency dapat dilihat pada **Tabel 4.25** di bawah ini:

**Tabel 4.25. Hasil Perhitungan  $t_0$**

nd		t0 (menit)	
Bangunan	0.02	Bangunan	11.2165
Jalan	0.013	Jalan	3.856290672
Lahan	0.2	Lahan	13.82099228

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dari hasil perhitungan  $t_0$ , maka didapat  $t_0$  pakai adalah 13,821 menit. Selanjutnya untuk menghitung debit rencana (hidrologi) pada Apartemen Dian Regency sama halnya dengan perhitungan pada Sukolilo Dian Regency. Dengan rumus  $Q = 0,278 \times C \times I \times A$ , maka didapat debit hidrologi Apartemen Dian Regency sebesar  $0,0917 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 4.3. Analisis Hidrolika Tahap Perencanaan

Berdasarkan hasil survey dan perhitungan, terdapat dua kondisi penting yang harus diperhatikan. Pertama adalah evaluasi saluran eksisting Sukulilo Dian Regency, didapatkan hasil bahwa saluran eksisting tidak dapat menampung debit rencana yang mengalir pada sistem drainase tersebut. Sehingga perlu adanya perencanaan ulang dalam dimensi saluran eksisting.

Hal kedua adalah adanya pasang pada hari-hari tertentu, dikhawatirkan datangnya pasang ini bersamaan dengan datangnya hujan dengan intensitas tinggi. Dari hasil survey lapangan, pada saat pasang dan hujan datang, debit yang berasal dari perumahan tidak dapat mengalir secara gravitasi dikarenakan saat pasang tertinggi datang elevasi muka air di saluran sekunder hampir sama bahkan lebih tinggi (sekitar 15 cm – 20 cm) dari saluran tersier. Maka dari itu solusi yang dapat digunakan adalah penambahan fasilitas drainase yaitu kolam tampung.

#### 4.3.1. Perencanaan Kolam Tampung

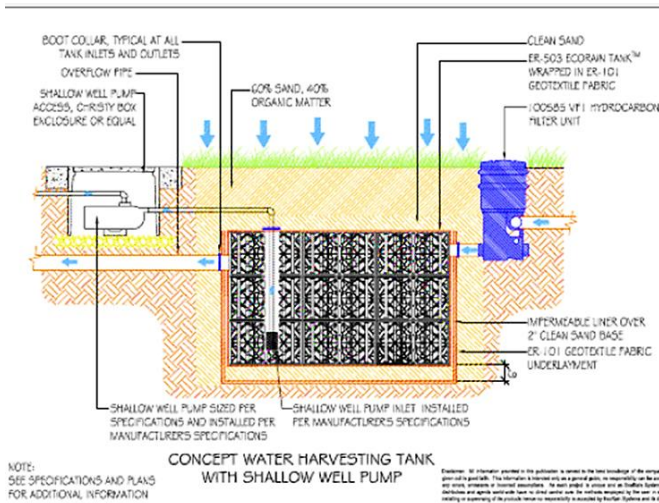
Pada tugas akhir ini direncanakan kolam tampung yang kedap dan dilengkapi dengan pompa dan pintu air yang bertujuan untuk menampung air sementara selama pasang datang dan mencegah adanya luapan pada saluran sekundernya.

Perencanaan kolam tampung dibuat dari *water harvesting tank* yang berada pada bawah tanah dikarenakan tidak adanya lahan yang mencukupi untuk membuat kolam tampung. Ilustrasi pemasangan kolam tampung dapat dilihat pada **Gambar 4.2**. Sebelum matriks dirakit di bawah tanah, dipasang geotekstil terlebih dahulu agar kolam tampung tidak terpengaruh oleh air tanah.



**Gambar 4.2. Material Kolam Tampung**

(Sumber: Google)



**Gambar 4.3. Ilustrasi Kolam Tampung**

#### 4.3.1.1. Dimensi Kolam Tampung

Tahap pertama dalam perencanaan kolam tampung adalah mencari debit limpasan di dalam perumahan. Perhitungan debit pada perencanaan kolam tampung ini menggunakan metode rasional dimana memerlukan data hujan jam-jaman. Debit limpasan ini dapat ditemukan dengan mencari tinggi hujan efektif selama hujan berlangsung (4 jam) dengan periode ulang 5 tahun. Berikut adalah contoh perhitungan curah hujan pada jam ke 1 untuk periode ulang 5 tahun.

$$R_t = \frac{R_{24}}{4} \times \left( \frac{4}{\text{Jam ke } -} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$R_t = \frac{127,98}{4} \times \left( \frac{4}{1} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$R_t = 80,623 \text{ mm}$$

$$R'_t = t \times R_t - (t-1) \times R_{(t-1)}$$

$$R'_1 = 1 \times 80,623 - (1 - 1) \times R_{(1-1)}$$

$$R'_1 = 80,623 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan tinggi hujan pada jam ke-t dapat dilihat pada **Tabel 4.26** di bawah ini.

**Tabel 4.26. Tinggi Hujan pada Jam ke-t**

Rt	PUH			Rt'	PUH		
	2	5	10		2	5	10
Jam	mm			Jam	mm		
1	66.496	80.623	88.023	1	66.496	80.623	88.023
2	41.89	50.789	55.451	2	17.284	20.956	22.879
3	31.968	38.759	42.317	3	12.124	14.7	16.05
4	26.389	31.995	34.932	4	9.652	11.702	12.777

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Untuk perencanaan dimensi kolam tampung, perhitungan yang dibutuhkan adalah grafik hidrograf satuan yang didapat dari perhitungan debit dengan metode rasional dan penambahan superposisi. Perhitungan debit metode rasional sama seperti perhitungan sebelumnya dengan  $t_c$  perumahan adalah 0,728 jam dan 0,937 jam sedangkan  $c$  gabungan perumahan adalah 0,725 dan 0,705; dan luas total perumahan adalah 0.049834 km<sup>2</sup> dan 0.052123 km<sup>2</sup> (hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 23**). Sehingga perhitungan debitnya sebagai berikut:

$$I = \frac{\text{Reff}}{1} \left( \frac{1}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = \frac{80,623}{1} \left( \frac{1}{0,728} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 99,577 \text{ mm / jam}$$

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$Q = 0,278 \times 0,725 \times 99,577 \times 0,0498$$

$$Q = 1,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sehingga didapat hasil perhitungan debit limpasan seperti **Tabel 4.27** berikut:

**Tabel 4.27. Hasil Perhitungan Debit Limpasan Koltam 1**

Jam	R	I	C	A	Q
		mm/jam		km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
1	80.62302	99.57702	0,728	0.049834	1.00
2	20.95562	25.88216	0,728	0.049834	0.26
3	14.69988	18.15573	0,728	0.049834	0.182
4	11.70255	14.45375	0,728	0.049834	0.145

(Sumber: Hasil Perhitungan)

**Tabel 4.27. Hasil Perhitungan Debit Limpasan Koltam 2**

Jam	R	I	C	A	Q
		mm/jam		km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
1	80.62302	99.57702	0,725	0.052123	0.86
2	20.95562	25.88216	0,725	0.052123	0.223
3	14.69988	18.15573	0,725	0.052123	0.157
4	11.70255	14.45375	0,725	0.052123	0.125

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Setelah didapat debit limpasan efektif tiap jam, maka dibuatlah grafik hidrograf dengan tambahan superposisi. Pada **Gambar 4.4 (a)** dapat dilihat pada grafik Jam 1 memiliki Q terbesar karena tinggi hujan yang tinggi juga. Setelah hujan jam pertama habis, grafik Jam 2 datang dengan tinggi hujan yang lebih kecil.

Perhitungan volume kolam tampung didapat dari perhitungan luas bidang datar pada grafik hidrograf superposisi.

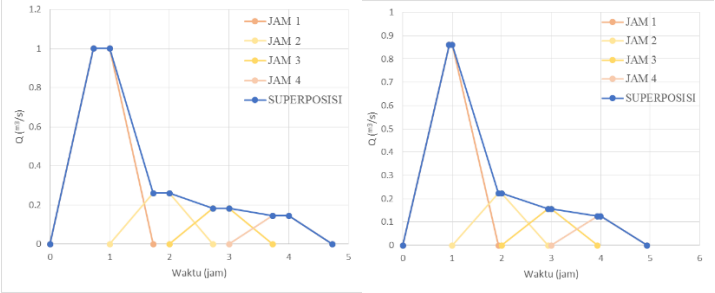
**Contoh perhitungan volume pada jam 0 – jam 0.728**

Volume = luas bidang (segitiga)

Volume = 0,728 x 1 x 3600 x 0,5

Volume = 1311,7 m<sup>3</sup>

Perhitungan volume kolam tampung yang dibutuhkan dapat dilihat pada **Tabel 4.28.**



(a) (b)  
**Gambar 4.4. Grafik Hidrograf Superposisi Koltam**  
(Sumber: Hasil Perhitungan)

**Tabel 4.28. Rincian Perhitungan Volume Koltam 1**

T (jam)	Q ( $m^3/s$ )	V $m^3$	V kum $m^3$
0	0	0	0
0.73	1.00026	1311.7045	1311.705
1.00	1.00026	977.53273	2289.237
1.73	0.25999	1652.6442	3941.881
2.00	0.25999	254.08133	4195.963
2.73	0.18238	580.10077	4776.064
3.00	0.18238	178.2321	4954.296
3.73	0.14519	429.55701	5383.853
4.00	0.14519	141.89032	5525.743
4.73	0	190.39586	5716.139

**Tabel 4.28. Rincian Perhitungan Volume Koltam 2**

t (jam)	Q ( $m^3/s$ )	V ( $m^3$ )	V kum ( $m^3$ )
0	0	0	0



0.94	0.8598	1450.3024	1450.302
1.00	0.8598	194.66774	1644.97
1.94	0.22348	1827.2666	3472.237
2.00	0.22348	50.598243	3522.835
2.94	0.15677	641.39563	4164.231
3.00	0.15677	35.493481	4199.724
3.94	0.1248	474.94505	4674.669
4.00	0.1248	28.256311	4702.925
4.94	0	210.51355	4913.439

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### 4.3.2. Perencanaan Pompa

Fasilitas tambahan berupa pompa ditambahkan dalam sistem drainase perumahan dikarenakan volume kolam tampung yang dibutuhkan dari debit limpasan sangat besar sehingga harus digunakan pompa untuk mengurangi volume tampungan yang dibutuhkan.

Perencanaan pompa yang dipakai adalah *shallow well pump* seperti pada **Gambar 4.3** agar air dalam kolam tampung dapat dikeluarkan walaupun elevasi muka air pada kolam tampung rendah. Perhitungan pengoperasian kolam tampung beserta pompanya dapat dicari menggunakan cara lengkung S.

Direncanakan pada kolam tampung 1 dipasang pompa dengan kapasitas debit  $0,35 \text{ m}^3/\text{s}$  dan durasi pemasangan dimulai dari jam ke 0,3 sampai jam ke 4. Sedangkan pada kolam tampung 2 direncanakan pemasangan 2 pompa dengan kapasitas yang berbeda, yaitu pompa dengan kapasitas  $0,47 \text{ m}^3/\text{s}$  (durasi dari jam ke 0,65 sampai jam ke 1) dan pompa dengan kapasitas  $0,22 \text{ m}^3/\text{s}$  (durasi dari jam ke 2) Pengoperasian pompa lebih detail dapat dilihat pada **Tabel 4.29**.

**Tabel 4.29. Pengoperasian Pompa Koltam 1**

t	Inflow			Outflow			V tampung	Tinggi air
	Q	V	V kum	Q	V	V kum		
jam	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.3	0.41	222.42	222.42	0.35	189.00	189.00	33.42	0.04
0.73	1.00	1089.28	1311.70	0.35	539.95	728.95	582.75	0.72
1	1.00	977.53	2289.24	0.35	342.05	1071.00	1218.24	1.50
1.728534	0.26	1652.64	3941.88	0.35	917.95	1988.95	1952.93	2.41
2	0.26	254.08	4195.96	0.35	342.05	2331.00	1864.96	2.30
2.728534	0.18	580.10	4776.06	0.35	917.95	3248.95	1527.11	1.89
3	0.18	178.23	4954.30	0.35	342.05	3591.00	1363.30	1.68
3.728534	0.15	429.56	5383.85	0.35	917.95	4508.95	874.90	1.08
4.00	0.15	141.89	5525.74	0.35	342.05	4851.00	674.74	0.83
4.73	0.00	190.40	5716.14	0.00	458.98	5309.98	406.16	0.50
0	0	0	0	0	0	0	0	0

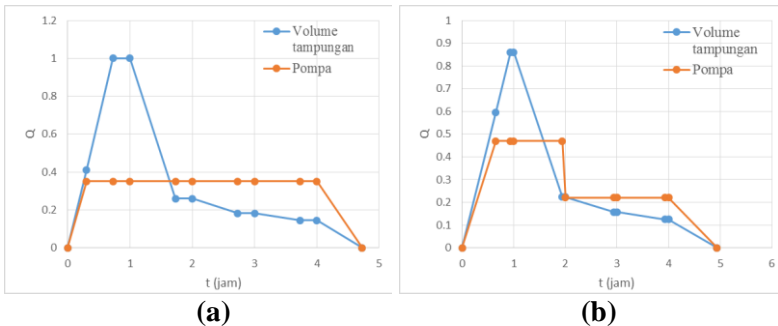
(Sumber: Hasil Perhitungan)

**Tabel 4.29. Pengoperasian Pompa Koltam 2**

t	Inflow			Outflow			V tampung	Tinggi air
	Q	V	V kum	Q	V	V kum		
jam	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.65	0.60	697.76	697.76	0.47	549.90	549.90	147.8598	0.49
0.94	0.86	752.54	1450.30	0.47	485.79	1035.69	414.6156	1.38
1	0.86	194.67	1644.97	0.47	106.41	1142.10	502.8702	1.68
1.932	0.22	1827.27	3472.24	0.47	1585.59	2727.69	744.5499	2.48
2	0.22	50.60	3522.84	0.22	78.11	2805.80	717.0364	2.39
2.937	0.16	641.40	4164.23	0.22	742.19	3547.99	616.2424	2.05

t	Inflow			Outflow			V tampung	Tinggi air
	Q	V	V kum	Q	V	V kum		
jam	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m
3	0.16	35.49	4199.72	0.22	49.81	3597.80	601.9255	2.01
3.937	0.12	474.95	4674.67	0.22	742.19	4339.99	334.681	1.12
4.00	0.12	28.26	4702.93	0.22	49.81	4389.80	313.1269	1.04
4.94	0.00	210.51	4913.44	0.00	371.09	4760.89	152.5456	0.51
0	0	0	0	0	0	0	0	0

(Sumber: Hasil Perhitungan)



**Gambar 4.5. Grafik Hidrograf Pengoperasian Pompa**  
(Sumber: Hasil Perhitungan)

### Contoh perhitungan pengoperasian pompa pada jam ke 0,3

Perhitungan pengoperasian pompa dapat dilihat pada **Gambar 4.5 (a)** diatas. Dari grafik volume tampungan akan didapat Q pada jam ke 0,3 dengan cara perbandingan segitiga sebesar  $0,41 \text{ m}^3/\text{s}$ . Setelah didapat Q, maka dicari volume tampungan pada jam ke 0,3 dengan mencari luas bidang grafik dan didapat sebesar  $222,42 \text{ m}^3$ .

Begitu pula dengan grafik pompa, dengan cara yang sama harus dicari volumenya. Pada jam ke 0,3 didapat volumenya sebesar  $189 \text{ m}^3$ . Volume tampungan kolam tampung didapat

dengan mengurangi volume inflow (dari debit yang masuk pada kolam tampung) dan volume outflow (dari pompa). Dari **Tabel 4.29** didapat volume terbesar yang harus ditampung adalah 33,42 m<sup>3</sup> sehingga ini menjadi acuan dalam merencanakan dimensi kolam tampung.

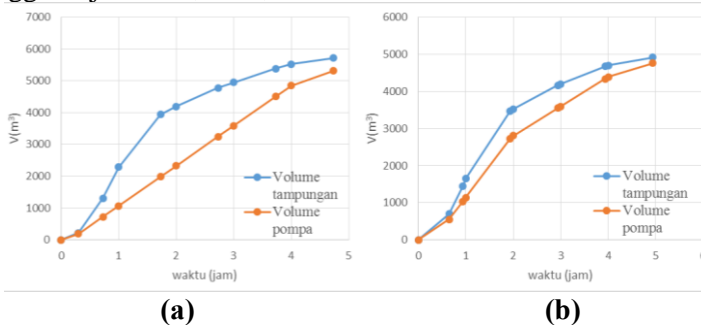
Direncanakan dimensi kolam tampung 1 dengan panjang 30 meter, lebar 27 meter, kedalaman 2,5 meter. Tinggi muka air dalam kolam tampung didapat dari volume tampungan pada jam tertentu dibagi dengan luas kolam tampung. Sedangkan dimensi kolam tampung 2 direncanakan dengan panjang 20 m, lebar 15 m, kedalaman 2,5 m.

#### Contoh perhitungan tinggi muka air

Tinggi air jam ke 0,3 =  $V \text{ tampung jam ke } 0,3 : \text{Luas kolam}$

Tinggi air jam ke 0,3 =  $33,42 : (30 \times 27)$

Tinggi air jam ke 0,3 = 0,04 meter



**Gambar 4.6. Volume Kolam Tampung dan Pompa**  
(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### 4.3.3. Perencanaan Bak Kontrol

Bak kontrol dibuat dalam perencanaan sistem ini karena diperlukan adanya transisi dari saluran tersier (u-ditch) menuju pipa yang tersambung pada kolam tampung. Bak kontrol direncanakan di bawah tanah dengan ukuran panjang 2 meter, lebar 1 meter, dan kedalaman 1 meter. Pada sisi yang berdekatan dengan saluran tersier, bak kontrol direncanakan dipasang pintu air yang perhitungannya terlampir pada subab 4.3.4. Sedangkan pada sisi

yang berdekatan dengan kolam tampung akan dipasang pipa pvc dengan diameter 31,8 cm, untuk spesifikasi pipa dapat dilihat pada **Gambar 4** di lampiran.

#### **4.3.4. Perhitungan Pintu Air**

Perencanaan pintu air dalam sistem drainase Sukolilo Dian Regency terdiri dari dua pintu air, satu pintu menuju saluran sekunder, sedangkan satu pintu lain menuju saluran kolam tampung. Penggunaan masing-masing pintu air tergantung pada kondisi tertentu.

Saat kondisi pada perumahan tidak terjadi hujan maupun pasang, pintu air menuju saluran sekunder dibuka sedangkan pintu air menuju kolam tampung ditutup. Ini bertujuan untuk menghindari adanya air yang masuk ke dalam kolam tampung dimana membutuhkan pengoperasin pompa untuk mengeluarkannya.

Saat hujan turun, baik saat pasang maupun tidak, pintu air menuju kolam tampung dibuka sedangkan pintu air menuju saluran sekunder ditutup. Selain berfungsi sebagai antisipasi terjadinya *backwater* saat terjadi pasang, ditutupnya pintu air menuju saluran sekunder saat hujan (meskipun tidak ada pengaruh pasang) juga berfungsi sebagai pengendalian debit inflow menuju saluran sekunder. Jika pintu air menuju saluran sekunder juga dibuka saat hujan turun, sedangkan pintu air menuju kolam tampung juga dibuka, maka ditakutkan saluran sekunder tidak dapat menerima debit dari kedua suber (dari pompa dan dari saluran tersier).

Saluran pembuang didesain untuk mengalirkan air dari perumahan ke saluran sekunder melalui pintu saat elevasi muka air pada saluran sekunder lebih rendah dari elevasi muka air pada perumahan. Berikut merupakan perhitungan saluran outflow:

##### **4.3.4.1. Perhitungan Tinggi Buka Pintu**

Perhitungan tinggi bukaan pintu direncanakan menggunakan aliran tak tenggelam.

Q outlet menuju jalan :

b saluran = 1,2 m  
 h saluran = 1 m  
 Q outlet = 0,55 m<sup>3</sup>/s  
 b pintu = b saluran + (2 x 0,1)  
               = 1,2 + 0,2  
               = 1,4 m  
 z = 0,1 m (asumsi beda muka air saluran tersier dan sekunder)

$$a = \frac{Q}{\mu b \sqrt{2gz}} = \frac{0,55}{0,8 \times 1,4 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,1}} = 0,35 \approx 0,4$$

a : tinggi bukaan pintu

Q : debit (m<sup>3</sup>/s)

$\mu$  : koefisien debit untuk bukaan dibawah permukaan dengan tinggi energy kecil

b : lebar pintu (meter)

g : percepatan gravitasi (m<sup>2</sup>/s)

z : beda kedalaman air (meter)

h pintu = a + 0,1

$$= 0,4 + 0,1$$

$$= 0,5 \text{ m}$$

Jadi dari perhitungan diatas didapatkan tinggi bukaan pintu yaitu 0,4 meter, maka direncanakan tinggi pintu air adalah 0,5 meter.

#### 4.3.4.2. Perhitungan Dimensi Pintu Air

Pintu air yang digunakan direncanakan menggunakan pintu air dari pelat baja. Untuk mendapatkan tebal pintu air menggunakan rumus gaya hidrostatik akibat air dan menghitung Mmax pada daun pintu

Diketahui :

$$\gamma_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$H_1 = H_{\text{saluran}} - H_{\text{pintu}} = 1 - 0,5 = 0,5 \text{ m}$$

$$H_{\text{pintu}} = 0,5 \text{ m}$$

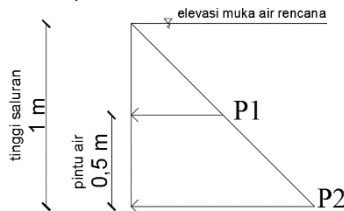
$$B_{\text{pintu}} = 1,4 \text{ m}$$

a. Rumus perhitungan gaya hidrostatik akibat air

$$\gamma_w = 1 \text{ t/m}^3$$

$$P1 = \gamma_w \times h_{\text{saluran}} = 1 \times 1 = 1 \text{ t/m}^2$$

$$P2 = \gamma_w \times h1 = 1 \times 0,5 = 0,5 \text{ t/m}^2$$



Sehingga gaya yang bekerja :

$$q = \frac{p1+p2}{2} \times h_p = \frac{1+0,5}{2} \times 0,5 \\ = 0,375 \text{ t/m} = 3,75 \text{ kg/cm}$$

- b. Rumus perhitungan  $M_{\text{max}}$  pada daun pintu

$$M_{\text{max}} = \frac{1}{8} \times q \times b^2 = \frac{1}{8} \times 0,375 \times 1,4^2 = 0,092 \text{ tm} \\ = 9187,5 \text{ kgcm}$$

- c. Rumus perhitungan tebal daun pintu

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad (\Sigma = \text{tegangan ijin baja} = 1600 \text{ kg/cm}^2)$$

$$w \geq \frac{m}{\sigma} \rightarrow w \geq \frac{9187,5}{1600}$$

$$w \geq 5,7$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \times 5,7}{b}} = \sqrt{\frac{6 \times 5,7}{140}} = 0,4 \text{ cm}$$

Tebal minimal pintu air adalah 2 cm, sehingga ketebalan yang digunakan adalah 2 cm. Namun pemilihan tebal pintu harus dicek terhadap lendutan terlebih dahulu.

Kontrol tebal plat terhadap kelendutan

- Lendutan ijin

$$\bar{f} = \frac{L}{360} = \frac{120}{360} = 0,33$$

- Lendutan yang terjadi

$$\bar{f} = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I} = \frac{5}{384} \times \frac{5,6 \times 140^4}{2,1 \times 10^6 \times \frac{1}{12} \times 70 \times 2^3} = 0,07$$

$$0,07 < 0,33 \text{ OK}$$

Dari hasil cek lendutan, jika tebal pintu air 2 cm memenuhi syarat lendutan ( $0,07 < 0,33$ ), maka dapat dipakai.

#### 4.3.4.3. Perhitungan Stang Pintu

H pintu = 0,5 meter

B pintu = 1,4 meter

T pintu = 0,02 meter

$\gamma_{\text{baja}} = 7850 \text{ kg/m}^3$

Pembebanan

- Akibat berat sendiri

$$\begin{aligned} \text{Berat pintu} &= 1,4 \times 0,5 \times 0,02 \times 7850 &= 109,9 \text{ kg} \\ \text{Sambungan} &= 25\% \times 125,6 &= 27,475 \text{ kg} + \\ &&= 137,375 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Akibat tekanan air

$$\begin{aligned} H_a &= q \times H_{\text{pintu}} \\ &= 3,75 \times 0,5 \\ &= 1,875 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Gaya gesek pelat dengan air

$$\begin{aligned} G &= f \times H_a \\ &= 0,40 \times 1,875 \\ &= 0,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### Pada saat pintu dinaikan

$$\begin{aligned} \text{Total beban} = \text{Str} &= w + G \\ &= 137,375 + 0,75 \\ &= 138,125 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Str} = A \times \sigma$$

$$138,125 = \frac{1}{4} \pi d_1^2 \times 1600$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{138,125 \times 4}{\pi \times 1600}}$$

$$D_1 = 0,33 \text{ cm} \approx 0,4 \text{ cm}$$



**Pada saat pintu diturunkan**

$$\begin{aligned}
 \text{Total beban} = \text{Str} &= w + G \\
 &= 137,375 - 0,75 \\
 &= 136,625 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{Str} = A \times \sigma$$

$$136,625 = \frac{1}{4} \pi d_1^2 \times 1600$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{136,625 \times 4}{\pi \times 1600}}$$

$$D_1 = 0,33 \text{ cm} \approx 0,4 \text{ cm}$$

Diameter minimal stang pintu air adalah 1,5 inch atau sekitar 4 cm. Maka diameter stang yang digunakan adalah 0,04 m

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang stang (L)} &= H_{\text{saluran}} - H_{\text{pintu}} + 0,1 \\
 &= 1,2 - 0,5 + 0,1 \\
 &= 0,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**4.3.5. Perencanaan Saluran Sekunder**

Perencanaan saluran sekunder dalam tugas akhir ini tidak mencakup keseluruhan perencanaan, namun hanya mencakup kapasitas yang harus dimiliki oleh saluran sekunder dan beberapa saran untuk merevitalisasi saluran sekunder yang ada.

Kondisi saluran sekunder aktual di lapangan pada saat pengerjaan tugas akhir ini berlangsung sama sekali belum direncanakan dan hanya merupakan saluran alam yang terdiri dari tanah dan kerikil sehingga tidak dapat mengalirkan air secara baik. Selain material saluran sekunder yang perlu diperhatikan, penampang yang tidak beraturan juga menjadi salah satu penyebab masalah yang berdampak ke Sukolilo Dian Regency.

Debit yang masuk pada saluran sekunder saat pengerjaan tugas akhir ini terdiri dari 2 sumber, dari Sukolilo Dian Regency dan dari Apartemen Dian Regency. Saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi terjadi, dari hasil perhitungan debit yang

dikeluarkan dari perumahan adalah sebesar  $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$  yang dihasilkan dari pengoperasian pompa. Sedangkan debit yang dihasilkan dari apartemen sebesar  $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Melihat kondisi aktual yang jauh dari kata cukup untuk menyalurkan air menuju saluran primer dengan baik, maka diperlukan perencanaan ulang pada saluran sekundernya. Saluran sekunder harus direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat menampung dan menyalurkan debit sebesar  $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$  (dari hasil penjumlahan debit perumahan dan apartemen). Selain kapasitas, material saluran sekunder juga harus direncanakan menggunakan pasangan batu kali agar tidak mudah tergerus dan tererosi.

Jika di masa mendatang terdapat perubahan tata guna lahan, seperti pembangunan perumahan baru, perencanaan saluran sekunder juga harus disesuaikan. Adanya penggantian material dan dimensi saluran sekunder menjadi beton (u-ditch) juga memungkinkan terjadi.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Kesimpulan yang diperoleh pada tugas akhir ini berdasarkan analisis yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil survey dan data, terdapat genangan pada kawasan perumahan saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Genangan paling tinggi terjadi pada daerah cekungan pada perumahan. Selain pada daerah cekungan, bagian dekat saluran sekunder pada perumahan sering terjadi genangan dengan tinggi sekitar 20 cm.
2. Genangan pada kawasan Sukolilo Dian Regency terjadi disebabkan karena beberapa hal diantaranya:
  - a. Penyebab pertama adalah tidak sesuainya dimensi saluran eksisting dengan kapasitas yang dibutuhkan. Berdasarkan debit banjir rencana 5 tahun, dengan tinggi hujan  $R_{24}$  sebesar 127,98 mm, didapat debit rencana  $0,988 \text{ m}^3/\text{s}$  pada saluran paling akhir perumahan. Sedangkan kapasitas yang mampu ditampung hanya  $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ini menyebabkan adanya genangan pada titik tertentu terutama pada daerah cekungan.
  - b. Penyebab kedua adalah adanya pengaruh pasang yang dapat berdampak pada daerah perumahan, terutama saat pasang datang bersamaan dengan hujan turun.
3. Dikarenakan tidak mampunya saluran eksisting menampung debit rencana, maka direncanakan mengubah saluran eksisting menjadi saluran U-ditch di semua daerah perumahan. Pada saluran U-ditch depan rumah pada umumnya direncanakan menggunakan U-ditch berukuran lebar 50 cm x 50 cm. Sedangkan dari hasil perhitungan didapat ukuran U-ditch terbesar yang dipakai pada sistem drainase perumahan berukuran 1,2 meter x 1,2 meter.
4. Setelah melihat beberapa masalah pada lapangan, maka dicari fasilitas drainase tambahan apa yang mampu mengatasi

masalah yang belum terselesaikan. Untuk menanggulangi masalah genangan saat pasang terjadi, dibuatlah kolam tampung untuk menampung debit limpasan sementara agar debit limpasan tersebut tidak membebani saluran sekunder. Setelah menghitung volume limpasan yang ada, direncanakan dua kolam tampung. Kolam tampung pertama direncanakan dengan dimensi 30 meter x 27 meter dan penambahan pompa dengan debit  $0,35 \text{ m}^3/\text{s}$  yang difungsikan pada jam ke 0,3 sampai jam ke 4, sedangkan kolam tampung kedua direncanakan dengan dimensi 20 meter x 15 meter dan penambahan 2 pompa dengan debit  $0,47 \text{ m}^3/\text{s}$  yang difungsikan pada jam ke 0,65 sampai jam ke 2 dan  $0,22 \text{ m}^3/\text{s}$  yang disungsikan pada jam ke 2 sampai jam ke 4. Pompa difungsikan untuk menanggulangi terbatasnya lahan yang tersedia sehingga dimensi kolam tampung yang dibutuhkan tidak terlalu besar.

## 5.2. Saran

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan pada Tugas Akhir ini, terdapat beberapa saran yang bisa dijadikan sebagai bahan pertimbangan, antara lain sebagai berikut:

- Perlu adanya peninjauan ulang untuk saluran-saluran tersier di Surabaya terutama di Surabaya bagian timur sehingga akan didapati saluran mana saja yang harus direvitalisasi agar tidak menyebabkan genangan.
- Jika pada masa mendatang ada perubahan tata guna lahan di *catchment* saluran sekunder, maka harus ada perhitungan lebih lanjut agar tidak mengakibatkan adanya *over capacity* pada saluran sekunder.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggrahini, 2005. **Hidrolika Saluran Terbuka**. Surabaya : Srikandi.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2006. **Perencanaan Sistem Drainase Jalan, Pedoman Konstruksi dan Bangunan Pd T-02-2006-B**.
- Febriana, Y., 2009. **Analisis Sistem Drainase Medokan Terhadap Fluktuasi Debit Kali Wonokromo**. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Harto, S., 1989. **Analisis Hidrologi**, Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- SNI 2415-2016, **Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana**.
- Soemarto, C.D., 1995. **Hidrologi Teknik**. Jakarta : Erlangga.
- Soewarno, 1995. **Hidrologi : Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data**. Bandung: Nova.
- Sofia, F., 2006. **Modul Drainase**. Surabaya.
- Suripin. 2004. **Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan**. Yogyakarta : Andi.
- Tikno, S., 2002. **Penerapan Metode Penelusuran Banjir (Flood Routing) untuk Program Pengendalian dan Sistem Peringatan Dini Banjir**. Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca, Vol. 3, No. 1, 2002: 53-61.
- Tominaga, M., 1984. **River Improvement Works**. Osaka : The Association for International Technical Promotion Japan.


Triatmodjo, B. 2008. **Hidrologi Terapan**. Yogyakarta : Beta Offset.

Wisdayati, A., 2013. **Reservoir Routing**,  
<[https://www.academia.edu/12400758/  
Mushingum\\_Routing\\_dan\\_Reservoir\\_Routing](https://www.academia.edu/12400758/Mushingum_Routing_dan_Reservoir_Routing)>

## LAMPIRAN

Pipe &  
Precast  
Indonesia

**BORAL**



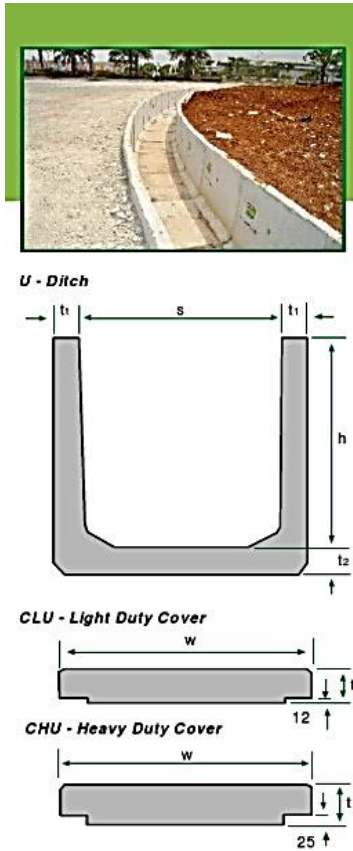
CONCRETE PIPES AND ASSOCIATED PRODUCTS

# U-Ditch & Cover









TYPE (axhxD)	a	h	DIMENSIONS		L	WEIGHT (kg)
			t1	t2		
U 30 X 30 X 240	300	300	50	60	2400	265
U 30 X 40 X 240	300	400	50	60	2400	325
U 30 X 50 X 240	300	500	50	60	2400	390
U 40 X 40 X 120	400	400	50	60	1200	230
U 40 X 40 X 240	400	400	50	60	2400	465
U 40 X 50 X 120	400	500	50	60	1200	275
U 40 X 50 X 240	400	500	50	60	2400	550
U 40 X 60 X 120	400	600	50	60	1200	300
U 40 X 60 X 240	400	600	50	60	2400	600
U 50 X 50 X 120	500	500	70	70	1200	345
U 50 X 50 X 240	500	500	70	70	2400	680
U 50 X 60 X 120	500	600	70	70	1200	375
U 50 X 60 X 240	500	600	70	70	2400	765
U 50 X 70 X 120	500	700	70	70	1200	405
U 50 X 70 X 240	500	700	70	70	2400	815
U 60 X 60 X 120	600	600	70	70	1200	430
U 60 X 60 X 240	600	600	70	70	2400	830
U 60 X 70 X 120	600	700	70	70	1200	465
U 60 X 70 X 240	600	700	70	70	2400	895
U 60 X 80 X 120	600	800	70	70	1200	510
U 60 X 80 X 240	600	800	70	70	2400	1020
U 80 X 80 X 120	800	800	70	100	1200	560
U 80 X 90 X 120	800	900	70	100	1200	625
U 80 X 100 X 120	800	1000	70	100	1200	640
U 100 X 100 X 120	1000	1000	85	85	1200	820
U 100 X 120 X 120	1000	1200	85	85	1200	900
U 120 X 100 X 120	1200	1000	95	110	1200	1095
U 120 X 120 X 120	1200	1200	95	110	1200	1225
U 120 X 140 X 120	1200	1400	95	110	1200	1355
U 140 X 140 X 120	1400	1400	115	135	1200	1610
U 140 X 140 X 240	1400	1400	115	135	2400	3580
U 140 X 160 X 120	1400	1600	110	135	1200	1935
U 140 X 160 X 240	1400	1600	110	135	2400	3815
U 160 X 185 X 120	1610	1850	140	170	1200	2665
U 160 X 185 X 240	1610	1850	140	170	2400	4900

Gambar 1. Dimensi U-Ditch





**Gambar 2. Detail U-Ditch**

Standard Type				Non Standard Type			
 Type - 1				 Type - 4			
 Type - 2				 Type - 8			
 Type - 3							
 Type - 5							
 Type - 6							
 Type - 7							

Light Duty Cover				Heavy Duty Cover			
Model	Thickness (t)	Length (L)	Weight (Kg)	Model	Thickness (t)	Length (L)	Weight (Kg)
CLU 30	60	600	400	CHU 30	90	600	400
CLU 40	80	600	500	CHU 40	100	600	500
CLU 50	100	600	640	CHU 50	120	600	640
CLU 60	100	600	740	CHU 60	120	600	740
CLU 80	100	600	940	CHU 80	150	1200	940
CLU 100	110	1200	1170	CHU 100	170	1200	1170
CLU 120	120	1200	1370	CHU 120	180	1200	1360
CLU 160	200	1200	1890	CHU 160	290	1200	1890

Gambar 3. Tutup U-Ditch

PIPA PVC WAVIN STANDARD UNTUK APLIKASI AIR BERSIH & AIR BUANGAN ( PANJANG 4 M / BATANG )				
PRODUK	UKURAN		TIPE	
	inch	mm	AW*	D**
	1/2"	22	Rp. 21.100,-	*
	3/4"	26	Rp. 28.800,-	*
	1"	32	Rp. 39.300,-	*
	1-1/4"	42	Rp. 58.900,-	Rp. 37.000,-
	1-1/2"	48	Rp. 67.600,-	Rp. 41.800,-
	2"	60	Rp. 86.500,-	Rp. 53.600,-
	2-1/2"	76	Rp. 126.200,-	Rp. 72.400,-
	3"	89	Rp. 177.800,-	Rp. 96.100,-
	4"	114	Rp. 294.600,-	Rp. 151.200,-
	5"	140	Rp. 466.800,-	Rp. 233.000,-
	6"	165	Rp. 654.700,-	Rp. 307.300,-
	8"	216	Rp. 1.098.700,-	Rp. 540.500,-
	10"	267	Rp. 1.698.900,-	Rp. 890.300,-
	12"	318	Rp. 2.395.400,-	Rp. 1.249.800,-

Gambar 4. Dimensi Pipa



**Gambar 5. Pintu Air Menuju Saluran Sekunder**



**Gambar 6. Kondisi Saluran Sekunder**



**Tabel 1. Data Curah Hujan Tahun 2000**

<b>2000</b>												
TGL	BULAN (mm)											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
<b>25</b>	0	54	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0
<b>26</b>	48	38	0	30	0	0	0	0	0	14	0	0
<b>27</b>	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	20	32
<b>28</b>	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>29</b>	13	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
<b>30</b>	0		30	0	0	0	0	0	0	29	0	0
<b>31</b>	30		0		0		0	0		6		0
<b>bulanan</b>	507	345	230	124	215	25	0	0	0	78	125	305
<b>maksimum</b>	86	58	88	34	80	20	0	0	0	29	30	80

**Tabel 2. Data Curah Hujan Tahun 2001**

<b>2001</b>												
<b>TGL</b>	<b>BULAN (mm)</b>											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
<b>1</b>	20	0	51	0	0	0	0	0	0	0	0	16
<b>2</b>	0	45	82	86	0	0	0	0	0	0	0	12
<b>3</b>	0	34	6	0	6	0	0	0	0	0	0	0
<b>4</b>	0	0	40	30	0	24	0	0	0	0	0	0
<b>5</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	27	0
<b>6</b>	0	0	7	0	0	0	0	0	0	10	0	0
<b>7</b>	0	50	12	39	0	6	0	0	0	0	17	0
<b>8</b>	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>9</b>	10	5	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
<b>10</b>	0	0	8	0	0	0	0	0	0	2	42	0
<b>11</b>	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0
<b>12</b>	0	17	8	0	0	22	22	0	0	0	0	0
<b>13</b>	0	0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	82
<b>14</b>	0	0	0	0	0	11	0	0	0	8	0	0
<b>15</b>	46	0	23	40	0	0	0	0	0	0	13	0
<b>16</b>	0	0	0	70	0	0	0	0	0	0	8	10
<b>17</b>	13	0	0	89	0	0	0	0	0	0	0	60
<b>18</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	35
<b>19</b>	0	17	12	0	0	0	0	0	0	0	0	47
<b>20</b>	0	3	33	0	0	0	6	0	0	0	3	55
<b>21</b>	35	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0	103
<b>22</b>	49	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	8
<b>23</b>	4	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>24</b>	0	0	79	60	0	4	0	0	0	0	8	0

**Tabel 2. Data Curah Hujan Tahun 2001**

<b>2001</b>												
TGL	BULAN (mm)											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
<b>25</b>	3	49	0	2	0	0	0	0	0	37	40	0
<b>26</b>	6	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0
<b>27</b>	0	5	6	0	0	0	0	0	0	0	29	0
<b>28</b>	0	56	26	0	0	0	0	0	0	0	5	0
<b>29</b>	25		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>30</b>	0		0	0	0	0	0	0	0	0	3	2
<b>31</b>	12		0		0		0	0		0		31
<b>bulanan</b>	223	286	453	420	29	92	70	0	0	143	233	461
<b>maksimum</b>	49	56	82	89	23	25	42	0	0	64	42	103

**Tabel 3. Data Curah Hujan Tahun 2002**

<b>2002</b>												
TGL	BULAN (mm)											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
<b>1</b>	15	0	2	6	0	0	0	0	0	0	0	3
<b>2</b>	29	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	2.5
<b>3</b>	0	15	0	3	0	0	0	0	0	0	0	5
<b>4</b>	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
<b>5</b>	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47.5
<b>6</b>	0	3	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>7</b>	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>8</b>	7	2	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>9</b>	16	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
<b>10</b>	0	12	42	0	5	0	0	0	0	0	0	2.5

**Tabel 3. Data Curah Hujan Tahun 2002**

<b>2002</b>												
<b>TGL</b>	<b>BULAN (mm)</b>											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
<b>11</b>	13	0	1	0	32	0	0	0	0	0	0	0
<b>12</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>13</b>	7	21	0	0	1	0	0	0	0	0	0	83.2
<b>14</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.3	0
<b>15</b>	44	10	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>16</b>	0	8	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>17</b>	23	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>18</b>	13	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0
<b>19</b>	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>20</b>	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>21</b>	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>22</b>	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>23</b>	41	17	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
<b>24</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.5	1
<b>25</b>	2	3	2	27	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>26</b>	0	6	9	0	0	0	0	0	0	0	0	22
<b>27</b>	8	4	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0
<b>28</b>	11	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	8
<b>29</b>	36		7	0	32	0	0	0	0	0	3	0
<b>30</b>	123		10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>31</b>	0		2		0		0	0		0		2.4
<b>bulanan</b>	458	115	131	135	85	0	2	0	0	0	18.8	195.1
<b>maksimum</b>	123	21	42	65	32	0	2	0	0	0	6.3	83.2





**Tabel 4. Data Curah Hujan Tahun 2003**

<b>2003</b>												
<b>TGL</b>	<b>BULAN (mm)</b>											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
<b>25</b>	44	1.1	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0
<b>26</b>	0	2	20	0	0	0	0	0	0	0	52	0
<b>27</b>	0	2.1	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0
<b>28</b>	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0
<b>29</b>	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>30</b>	102		0	32	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>31</b>	54		0		0		0	0		0		0
<b>bulanan</b>	477.3	206.9	201.4	83	97	41	0	0	0	14	281	0
<b>maksimum</b>	102	60	42	32	30	12	0	0	0	9	60	0

**Tabel 5. Data Curah Hujan Tahun 2004**

<b>2004</b>												
<b>TGL</b>	<b>BULAN (mm)</b>											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
<b>1</b>	5	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>2</b>	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<b>3</b>	0	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	15
<b>4</b>	0	3	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>5</b>	0	17	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>6</b>	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
<b>7</b>	52	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>8</b>	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>9</b>	0	9	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>10</b>	34	6	24	4	0	0	0	0	0	0	0	17

**Tabel 5. Data Curah Hujan Tahun 2004**

<b>2004</b>												
TGL	BULAN (mm)											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
<b>11</b>	5	0	53	0	0	45	0	0	0	0	0	0
<b>12</b>	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
<b>13</b>	0	0	31	9	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>14</b>	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>15</b>	0	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<b>16</b>	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0
<b>17</b>	0	4	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0
<b>18</b>	0	2	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>19</b>	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>20</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>21</b>	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>22</b>	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
<b>23</b>	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>24</b>	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>25</b>	0	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
<b>26</b>	0	37	0	21	9	0	0	0	0	0	15	0
<b>27</b>	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	0
<b>28</b>	2	10	20	0	0	0	0	0	0	0	14	0
<b>29</b>	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
<b>30</b>	0		15	0	7	0	0	0	0	0	0	0
<b>31</b>	0		0		0		0	0		0		0
<b>bulanan</b>	169	229	448	34	64	45	0	0	0	0	72	191
<b>maksimum</b>	52	41	53	21	36	45	0	0	0	0	43	58



**Tabel 6. Data Curah Hujan Tahun 2005**

<b>2005</b>												
TGL	BULAN (mm)											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
<b>25</b>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>26</b>	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>27</b>	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<b>28</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>29</b>	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>30</b>	0		12	5	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>31</b>	0		0		0		0	0		0		0
<b>bulanan</b>	256	185	372	80	64	128	90	20	0	48	33	314
<b>maksimum</b>	50	47	78	23	44	30	45	20	0	20	26	110

**Tabel 7. Data Curah Hujan Tahun 2006**

<b>2006</b>												
TGL	BULAN (mm)											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
<b>1</b>	15	20	47	0	0	5	0	0	0	0	0	0
<b>2</b>	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>3</b>	10	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	7
<b>4</b>	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>5</b>	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>6</b>	25	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>7</b>	0	50	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>8</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>9</b>	0	30	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>10</b>	10	0	0	15	30	0	0	0	0	0	0	0

**Tabel 7. Data Curah Hujan Tahun 2006**

<b>2006</b>												
<b>TGL</b>	<b>BULAN (mm)</b>											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
<b>11</b>	0	15	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>12</b>	20	6	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>13</b>	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>14</b>	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>15</b>	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>16</b>	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>17</b>	0	15	0	12	0	0	0	0	0	0	0	20
<b>18</b>	0	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>19</b>	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>20</b>	0	40	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>21</b>	0	15	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>22</b>	0	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>23</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>24</b>	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>25</b>	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>26</b>	0	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>27</b>	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>28</b>	15	27	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>29</b>	0		60	0	20	0	0	0	0	0	0	50
<b>30</b>	0		0	58	0	0	0	0	0	0	0	80
<b>31</b>	0		0		5		0	0		0		0
<b>bulanan</b>	378	424	414	158	55	5	0	0	0	0	0	157
<b>maksimum</b>	140	57	60	58	30	5	0	0	0	0	0	80







**Tabel 9. Data Curah Hujan Tahun 2008**

<b>2008</b>												
<b>TGL</b>	<b>BULAN (mm)</b>											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
<b>11</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	45
<b>12</b>	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>13</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
<b>14</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
<b>15</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53
<b>16</b>	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
<b>17</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
<b>18</b>	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>19</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>20</b>	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	75	0
<b>21</b>	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>22</b>	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>23</b>	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>24</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>25</b>	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0
<b>26</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	0
<b>27</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
<b>28</b>	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
<b>29</b>	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>30</b>	0		0	0	0	0	0	0	0	33	0	0
<b>31</b>	0		0		0		0	0		0		24
<b>bulanan</b>	289	247	235	0	15	0	0	0	0	33	203	430
<b>maksimum</b>	86	90	50	0	15	0	0	0	0	33	75	60



**Tabel 10. Data Curah Hujan Tahun 2009**

<b>2009</b>												
TGL	BULAN (mm)											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
<b>25</b>	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>26</b>	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>27</b>	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>28</b>	0	16	0	10	0	0	0	0	0	0	16	0
<b>29</b>	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
<b>30</b>	0		20	0	0	0	0	0	0	0	0	15
<b>31</b>	81		5	0	0		0	0		0		0
<b>bulanan</b>	338	373	320	50	107	50	0	0	0	0	28	295
<b>maksimum</b>	120	50	84	15	25	50	0	0	0	0	16	50

**Tabel 11. Data Curah Hujan Tahun 2010**

<b>2010</b>												
TGL	BULAN (mm)											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
<b>1</b>	25	0	26	25	15	0	0	0	0	0	9	10
<b>2</b>	30	10	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>3</b>	0	42	25	25	25	0	9	0	0	0	6	90
<b>4</b>	0	35	20	0	0	13	6	0	0	0	3	10
<b>5</b>	25	40	20	0	20	15	1	0	0	0	10	5
<b>6</b>	40	30	25	35	0	0	0	0	25	0	15	40
<b>7</b>	14	15	40	20	0	15	0	0	15	0	46	0
<b>8</b>	0	30	0	0	21	25	0	0	0	21	0	0
<b>9</b>	0	0	0	25	10	20	0	0	0	27	0	0
<b>10</b>	15	0	12	0	15	0	6	0	0	0	0	10

**Tabel 11. Data Curah Hujan Tahun 2010**

<b>2010</b>												
<b>TGL</b>	<b>BULAN (mm)</b>											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
<b>11</b>	10	0	0	25	15	15	0	0	0	0	10	0
<b>12</b>	0	8	0	30	0	0	8	0	15	0	0	5
<b>13</b>	25	6	0	20	30	0	0	0	0	0	0	0
<b>14</b>	0	10	0	15	10	0	0	0	0	0	0	0
<b>15</b>	0	0	0	15	15	0	0	0	0	46	0	5
<b>16</b>	0	0	0	30	10	0	0	0	0	18	0	0
<b>17</b>	0	0	0	10	25	0	0	0	0	3	0	7
<b>18</b>	0	25	30	20	0	0	0	0	0	0	0	5
<b>19</b>	15	46	25	0	15	0	0	0	0	0	0	0
<b>20</b>	20	25	0	0	20	0	0	0	10	0	5	10
<b>21</b>	40	20	10	0	0	0	0	0	8	0	6	0
<b>22</b>	25	0	0	15	15	0	0	0	15	0	0	0
<b>23</b>	0	26	0	20	25	0	0	0	14	0	0	10
<b>24</b>	40	20	45	30	35	0	0	10	0	0	0	0
<b>25</b>	40	0	52	25	15	0	0	0	15	0	10	0
<b>26</b>	25	26	0	20	0	0	0	0	0	0	0	12
<b>27</b>	28	32	0	15	0	0	6	0	0	0	0	5
<b>28</b>	5	35	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>29</b>	5		0	0	0	0	0	0	0	8	0	0
<b>30</b>	0		15	0	0	0	0	0	0	0	5	0
<b>31</b>	0		0		0		0	0		19		0
<b>bulanan</b>	427	481	395	440	336	103	36	10	117	142	125	224
<b>maksimum</b>	40	46	52	35	35	25	9	10	25	46	46	90





**Tabel 13. Data Curah Hujan Tahun 2012**

<b>2012</b>												
<b>TGL</b>	<b>BULAN (mm)</b>											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
<b>11</b>	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
<b>12</b>	6	21	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
<b>13</b>	0	9	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>14</b>	0	7	11	0	24	0	0	0	0	0	0	0
<b>15</b>	52	10	7	22	17	0	0	0	0	0	0	28
<b>16</b>	61	55	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>17</b>	20	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	11
<b>18</b>	16	3	20	0	0	0	0	0	0	0	13	10
<b>19</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
<b>20</b>	55	3	21	0	0	0	0	0	0	0	47	10
<b>21</b>	0	4	0	19	0	0	0	0	0	0	0	18
<b>22</b>	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
<b>23</b>	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
<b>24</b>	4	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>25</b>	9	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>26</b>	0	19	5	0	0	0	0	0	0	0	0	26
<b>27</b>	0	0	35	4	0	0	0	0	0	0	0	64
<b>28</b>	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
<b>29</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
<b>30</b>	85		0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
<b>31</b>	20		0		0		0	0		0		48
<b>bulanan</b>	551	368	196	102	50	0	0	0	0	4	75	526
<b>maksimum</b>	85	67	35	30	24	0	0	0	0	4	47	64

**Tabel 14. Data Curah Hujan Tahun 2013**

<b>2013</b>												
<b>TGL</b>	<b>BULAN (mm)</b>											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
<b>1</b>	38	0	0	30	10	0	0	0	0	0	0	0
<b>2</b>	30	8	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>3</b>	12	15	8	0	0	15	65	0	0	0	0	0
<b>4</b>	65	25	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>5</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>6</b>	0	0	10	30	0	25	0	0	0	0	0	0
<b>7</b>	22	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0
<b>8</b>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>9</b>	0	0	10	22	20	5	0	0	0	0	0	0
<b>10</b>	0	0	18	0	12	0	0	0	0	0	0	0
<b>11</b>	0	7	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>12</b>	0	0	35	0	18	0	0	0	0	0	0	0
<b>13</b>	0	0	20	12	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>14</b>	0	20	25	6	47	5	0	0	0	0	0	0
<b>15</b>	42	19	40	20	0	39	0	0	0	0	5	0
<b>16</b>	0	0	25	25	0	0	0	0	0	0	10	0
<b>17</b>	0	45	21	0	0	0	0	0	0	0	5	0
<b>18</b>	26	0	20	0	0	52	0	0	0	0	0	0
<b>19</b>	47	0	35	8	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>20</b>	0	0	0	7	19	0	0	0	0	0	15	0
<b>21</b>	22	0	0	5	8	0	0	0	0	0	0	0
<b>22</b>	30	0	0	0	10	0	7	0	0	0	10	0
<b>23</b>	14	0	0	80	12	0	0	0	0	0	0	0
<b>24</b>	0	0	0	0	70	0	0	0	0	0	0	0



**Tabel 14. Data Curah Hujan Tahun 2013**

2013												
TGL	BULAN (mm)											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
<b>25</b>	11	25	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
<b>26</b>	0	10	0	0	0	8	0	0	0	0	30	0
<b>27</b>	62	50	0	0	42	15	0	0	0	0	0	0
<b>28</b>	66	38	53	5	25	41	0	0	0	0	15	0
<b>29</b>	58		25	0	0	0	0	0	0	0	20	0
<b>30</b>	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>31</b>	0		0		0		0	0		0		0
<b>bulanan</b>	545	262	379	292	293	222	72	0	0	0	117	0
<b>maksimum</b>	66	50	53	80	70	52	65	0	0	0	30	0

**Tabel 15. Data Curah Hujan Tahun 2014**

[illegible]



**Tabel 16. Data Curah Hujan Tahun 2015**

<b>2015</b>												
TGL	BULAN (mm)											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
1	12	0	14	0	27.5	0	0	0	0	0	0	0
2	20	23	14	10	13	0	0	0	0	0	0	0
3	25	3	2	25	42	0	0	0	0	0	0	0
4	0	40	20	9.5	1	0	0	0	0	0	0	25
5	6.5	63.5	59	7.5	22	0	0	0	0	0	0	24
6	3	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
7	0	25	13.5	4.5	0	0	0	0	0	0	0	12.5
8	0	1	0	61.5	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	5
12	0	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	12	3.5	0	38.5	0	0	0	0	0	0	0	0
14	12	25	8.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	65	0	37.5	0	0	0	0	0	0	0	9
16	10	15	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	30.5	9	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	45	8.5	9.5	17.5	0	0	0	0	0	0	0	0
19	58	15.5	6	2	0	0	0	0	0	0	14	9
20	37	44	37	0	0	0	0	0	0	0	15	0
21	0	44.5	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	2	30	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	13.5	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0
25	6	2	0	6.5	0	0	0	0	0	0	1	0

**Tabel 16. Data Curah Hujan Tahun 2015**

<b>2015</b>												
TGL	BULAN (mm)											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
26	7	5	18	0	19	0	0	0	0	0	12	18
27	0	7	0	0	4	0	0	0	0	0	59	20
28	44	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
29	60.5		0	10	0	0	0	0	0	0	4	30
30	20.5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	9		25		0		0	0		0		2
bulanan	433.5	602	312	47	128.5	0	0	0	0	0	105	234.5
max	60.5	84	59	25	42	0	0	0	0	0	59	40

**Tabel 17. Data Curah Hujan Tahun 2016**

<b>2016</b>												
TGL	BULAN (mm)											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
1	0	17	6	0	0	0	0	0	0	2	0	0
2	0	13	0	16	4	13	0	0	0	3	0	6
3	0	4	16	1	0	0	2	0	0	5	0	12
4	31.5	0	0	9	0	0	0	0	0	15	0	7
5	0	68	0	15	0	0	0	0	0	0	0	10
6	0	5	15	0	0	0	0	19	9	0	0	0
7	0	31	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3
8	0	9	0	0	0	16	0	0	3	6.5	58	2
9	0	2	0	0	0	0	0	0	0	65	0	3
10	0	5	7	1	3.5	0	0	0	0	36.5	23.5	3
11	4	50	4	11.5	0	0	0	0	0	0	0	2
12	0	0	0	6	2	0	5	0	0	57.5	0	0

**Tabel 17. Data Curah Hujan Tahun 2016**

<b>2016</b>												
TGL	BULAN (mm)											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
13	0	6	10	1	0	0	8	19.5	0	1.5	0	5
14	13	0	7	41	0	3	0	31.5	0	32	0	0
15	0	14	12	59	0	3	20	1	0	0	0	4
16	0	81	10	50	0	0	45	0	0	0	23	5
17	0	2	12	3.5	15	8	0	0	0	0	62	2.5
18	0	0	0	0	0	13	15	0	0	0	0	0
19	59	24	1	0	1.5	4.5	17	0	0	0	0	23.5
20	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	40	15	0	0	37.5	0	0	0	0	0	0	0
22	50	25	0	0	67	0	8	0	0	0	0	0
23	24	14	34	0	3	0	0	0	0	8	0	0
24	1.5	34	0	0	45.5	0	3	0	69	71	13.5	0
25	0	40	5	0	0	0	0	0	2.5	0	5	0
26	17	75	1	0	0	0	0	0	2.5	2	11	15
27	0	85	0	0	3.5	0	0	0	0	0	0	16.5
28	19.5	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	30
29	0	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	20
30	13		0	0	164	0	0	0	0	0	28	35
31	25		0		0		0	0		0		32
bulanan	297.5	626	146	216	346.5	64.5	123	71	86	305	224	236.5
max	59	85	34	59	164	16	45	31.5	69	71	62	35

**Tabel 18. Data Curah Hujan Tahun 2017**

<b>2017</b>												
TGL	BULAN (mm)											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
1	2	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	3
2	3	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	20	40	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	74	0	28.5	0	0	0	0	0	0	7	0
5	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	10
6	0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	26
7	0	0	32.5	0	0	0	0	0	0	0	4	21
8	0	0	30	8	15	0	0	0	0	0	0	11
9	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	40	0	6	0	0	5	0	0	0	0	0	1
13	45	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	40	32	17.5	0	0	0	0	0	0	0	0
15	30	43	3	38.5	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	40	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0
17	0	45	2	0	0	0	0	0	0	0	0	7
18	0	30	0	0	0	0	3	0	0	0	0	60
19	0	0	3	4.5	0	0	0	0	0	0	0	1
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
21	50	0	0	10	0	8	0	0	0	0	0	0
22	63	3	2	9	0	0	0	0	0	0	27	0
23	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0
24	8	9	0	0	0	0	0	0	0	0	124	0
25	0	8	52	6	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tabel 18. Data Curah Hujan Tahun 2017**

<b>2017</b>												
TGL	BULAN (mm)											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
26	10	7	24	2	0	20	0	0	0	0	15	0
27	0	0	2	0	0	0	6	0	0	0	0	2
28	12	0	5	0	0	0	8	0	0	0	14	0
29	10		12	0	0	0	0	0	0	0	11	0
30	25		7	0	0	0	0	0	0	0	7	37
31	2		0		0		0	0		0		0
bulanan	352	379	259.5	166	15	43	17	0	0	0	242	186
max	63	74	52	38.5	15	20	8	0	0	0	124	60

**Tabel 19. Probabilitas Kumulatif**

<b>t</b>	<b>0</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,09</b>
<b>-3,4</b>	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002
<b>-3,3</b>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
<b>-3,2</b>	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005
<b>-3,1</b>	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007
<b>-3,0</b>	0,0014	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010
<b>-2,9</b>	0,0019	0,0018	0,0018	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
<b>-2,8</b>	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0023	0,0022	0,0021	0,0021	0,0020	0,0019
<b>-2,7</b>	0,0035	0,0034	0,0033	0,0032	0,0031	0,0030	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026
<b>-2,6</b>	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,0041	0,0040	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036
<b>-2,5</b>	0,0062	0,0060	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048
<b>-2,4</b>	0,0082	0,0080	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
<b>-2,3</b>	0,0107	0,0104	0,0102	0,0099	0,0096	0,0094	0,0091	0,0089	0,0087	0,0084
<b>-2,2</b>	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110
<b>-2,1</b>	0,0179	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146	0,0143
<b>-2</b>	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
<b>-1,9</b>	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,0250	0,0244	0,0239	0,0233
<b>-1,8</b>	0,0359	0,0351	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
<b>-1,7</b>	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
<b>-1,6</b>	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
<b>-1,5</b>	0,0668	0,0655	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
<b>-1,4</b>	0,0608	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0721	0,0708	0,0694	0,0681
<b>-1,3</b>	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823



**Tabel 19. Probabilitas Kumulatif**

<b>t</b>	<b>0</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,09</b>
<b>-1,2</b>	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020	0,1003	0,0985
<b>-1,1</b>	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170
<b>-1</b>	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
<b>-0,9</b>	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
<b>-0,8</b>	0,2119	0,2090	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
<b>-0,7</b>	0,2420	0,2388	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
<b>-0,6</b>	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2482	0,2451
<b>-0,5</b>	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776
<b>-0,4</b>	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
<b>-0,3</b>	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
<b>-0,2</b>	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
<b>-0,1</b>	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4286	0,4247
<b>-0</b>	0,5000	0,4960	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
<b>0</b>	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
<b>0,1</b>	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
<b>0,2</b>	0,5790	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
<b>0,3</b>	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
<b>0,4</b>	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
<b>0,5</b>	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
<b>0,6</b>	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
<b>0,7</b>	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
<b>0,8</b>	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
<b>0,9</b>	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
<b>1</b>	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621

**Tabel 19. Probabilitas Kumulatif**

<b>t</b>	<b>0</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,09</b>
<b>1,1</b>	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8870	0,8790	0,8810	0,8830
<b>1,2</b>	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
<b>1,3</b>	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
<b>1,4</b>	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
<b>1,5</b>	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
<b>1,6</b>	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
<b>1,7</b>	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
<b>1,8</b>	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
<b>1,9</b>	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
<b>2</b>	0,9773	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
<b>2,1</b>	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
<b>2,2</b>	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
<b>2,3</b>	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
<b>2,4</b>	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
<b>2,5</b>	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
<b>2,6</b>	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
<b>2,7</b>	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
<b>2,8</b>	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
<b>2,9</b>	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
<b>3</b>	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
<b>3,1</b>	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
<b>3,2</b>	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995
<b>3,3</b>	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
<b>3,4</b>	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

**Tabel 20. Perhitungan Elevasi Saluran Eksisting**

NO	TITIK		JENIS SALURAN	NAMA SALURAN	PANJANG SALURAN	S	H (m)	TEBAL U DITCH (m)	TINGGI URUGAN PASIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HILIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HULU (m)	ELEVASI DASAR HILIR (m)	ELEVASI DASAR HULU (m)
1	J32	J5	TERSIER	T0	17.854	0.0002	0.65	0.06	0.1	3.1534	3.1453	2.5034	2.4953
2	J33	J5	TERSIER	T1	133	0.0002	0.7	0.07	0.1	3.1534	3.1995	2.4534	2.4995
3	J34	J6	TERSIER	T2	126.91	0.0002	0.7	0.07	0.1	3.1612	3.205	2.4612	2.505
4	J35	J7	TERSIER	T3	119	0.0002	0.7	0.07	0.1	3.1881	3.214	2.4881	2.514
5	J36	J8	TERSIER	T4	113.46	0.0002	0.6	0.06	0.1	3.1939	3.22	2.5939	2.62
6	J37	J9	TERSIER	T5	108.36	0.0002	0.5	0.06	0.1	3.22	3.227	2.72	2.727
7	J38	J10	TERSIER	T6	103.86	0.0002	0.7	0.06	0.1	3.225	3.229	2.525	2.529
8	J39	J11	TERSIER	T7	94.94	0.0002	0.5	0.06	0.1	3.2346	3.238	2.7346	2.738
9	J40	J12	TERSIER	T8	90.49	0.0002	0.5	0.06	0.1	3.237	3.245	2.737	2.745
10	J41	J13	TERSIER	T9	82.82	0.0002	0.6	0.06	0.1	3.2457	3.2502	2.6457	2.6502
11	J42	J14	TERSIER	T10	81.28	0.0002	0.5	0.06	0.1	3.2498	3.2543	2.7498	2.7543
12	J43	J15	TERSIER	T11	77.45	0.0002	0.55	0.06	0.1	3.2756	3.2774	2.7256	2.7274
13	J44	J16	TERSIER	T12	77.18	0.0002	0.6	0.06	0.1	3.2762	3.278	2.6762	2.678

**Tabel 20. Perhitungan Elevasi Saluran Eksisting**

NO	TITIK		JENIS SALURAN	NAMA SALURAN	PANJANG SALURAN	S	H (m)	TEBAL U DITCH (m)	TINGGI URUGAN PASIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HILIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HULU (m)	ELEVASI DASAR HILIR (m)	ELEVASI DASAR HULU (m)
14	J45	J17	TERSIER	T13	75.71	0.0002	0.6	0.07	0.1	3.278	3.288	2.678	2.688
15	J5	J6	SEKUNDER	T14	6.064	0.0004	0.73	0.07	0.1	3.1612	3.1534	2.4312	2.4234
16	J6	J7	SEKUNDER	T15	25.6	0.0004	0.75	0.07	0.1	3.1881	3.1612	2.4381	2.4112
17	J7	J8	SEKUNDER	T16	8.16	0.0004	0.72	0.07	0.1	3.1939	3.1881	2.4739	2.4681
18	J8	J9	SEKUNDER	T17	25.3196	0.0004	0.72	0.1	0.1	3.22	3.1939	2.5	2.4739
19	J9	J10	SEKUNDER	T18	10.6628	0.0004	0.72	0.1	0.1	3.225	3.22	2.505	2.5
20	J10	J11	SEKUNDER	T19	22.599	0.0004	0.72	0.1	0.1	3.2346	3.225	2.5146	2.505
21	J11	J12	SEKUNDER	T20	7.421	0.0004	0.72	0.1	0.1	3.237	3.2346	2.517	2.5146
22	J12	J13	SEKUNDER	T21	25.6508	0.0004	0.75	0.1	0.1	3.2457	3.237	2.4957	2.487
23	J13	J14	SEKUNDER	T22	10.581	0.0004	0.75	0.1	0.1	3.2498	3.2457	2.4998	2.4957
24	J14	J15	SEKUNDER	T23	71.4006	0.0004	0.85	0.1	0.1	3.2756	3.2498	2.4256	2.3998
25	J15	J16	SEKUNDER	T24	13.972	0.0004	0.85	0.085	0.1	3.2762	3.2756	2.4262	2.4256
26	J16	J17	SEKUNDER	T25	36.7746	0.0004	1	0.085	0.1	3.278	3.2762	2.278	2.2762
27	J17	OUT 1	SEKUNDER	T26	33.8818	0.0004	1	0.085	0.1	3.2789	3.278	2.2789	2.278

**Tabel 20. Perhitungan Elevasi Saluran Eksisting**

NO	TITIK		JENIS SALURAN	NAMA SALURAN	PANJANG SALURAN	S	H (m)	TEBAL U DITCH (m)	TINGGI URUGAN PASIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HILIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HULU (m)	ELEVASI DASAR HILIR (m)	ELEVASI DASAR HULU (m)
28	J31	J18	TERSIER	T87	15	0.0002	0.6	0.06	0.1	3.1395	3.1187	2.5395	2.5187
29	J46	J18	TERSIER	T27	154	0.0002	0.6	0.07	0.1	3.1395	3.1775	2.5395	2.5775
30	J79	J19	TERSIER	T28	103.2	0.0002	0.7	0.07	0.1	3.1505	3.1388	2.4505	2.4388
31	J80	J20	TERSIER	T29	101.37	0.0002	0.55	0.07	0.1	3.1812	3.1604	2.6312	2.6104
32	J81	J21	TERSIER	T30	104.14	0.0002	0.55	0.07	0.1	3.1944	2.2934	2.6444	1.7434
33	J82	J22	TERSIER	T31	103.93	0.0002	0.62	0.07	0.1	3.2176	2.3152	2.5976	1.6952
34	J83	J23	TERSIER	T32	117.13	0.0002	0.68	0.07	0.1	3.228	2.3186	2.548	1.6386
35	J84	J24	TERSIER	T33	123.04	0.0002	0.7	0.07	0.1	3.241	2.3406	2.541	1.6406
36	J85	J25	TERSIER	T34	123.97	0.0002	0.55	0.07	0.1	3.2451	3.2153	2.6951	2.6653
37	J86	J26	TERSIER	T35	129.76	0.0002	0.63	0.07	0.1	3.256	3.237	2.626	2.607
38	J87	J27	TERSIER	T36	127.58	0.0002	0.78	0.07	0.1	3.261	3.241	2.481	2.461
39	J88	J28	TERSIER	T37	127.58	0.0002	0.76	0.07	0.1	3.272	3.2683	2.512	2.5083
40	J89	J29	TERSIER	T38	129.26	0.0002	0.75	0.07	0.1	3.275	3.2701	2.525	2.5201
41	J90	J30	TERSIER	T39	129.26	0.0002	0.73	0.07	0.1	3.2764	3.2728	2.5464	2.5428

**Tabel 20. Perhitungan Elevasi Saluran Eksisting**

NO	TITIK		JENIS SALURAN	NAMA SALURAN	PANJANG SALURAN	S	H (m)	TEBAL U DITCH (m)	TINGGI URUGAN PASIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HILIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HULU (m)	ELEVASI DASAR HILIR (m)	ELEVASI DASAR HULU (m)
42	J91	J31	TERSIER	T40	128.93	0.0002	0.65	0.07	0.1	3.2766	3.2732	2.6266	2.6232
43	J92	J32	TERSIER	T41	122.19	0.0002	0.7	0.07	0.1	3.2778	3.2752	2.5778	2.5752
44	J18	J19	SEKUNDER	T42	7.71	0.0004	0.9	0.07	0.1	3.1505	3.1395	2.2505	2.2395
45	J19	J20	SEKUNDER	T43	31.5	0.0004	0.7	0.07	0.1	3.1812	3.1505	2.4812	2.4505
46	J20	J21	SEKUNDER	T44	9.5	0.0004	0.8	0.1	0.1	3.1944	3.1812	2.3944	2.3812
47	J21	J22	SEKUNDER	T45	30.9	0.0004	0.8	0.1	0.1	3.2176	3.1944	2.4176	2.3944
48	J22	J23	SEKUNDER	T46	10.2	0.0004	0.66	0.1	0.1	3.228	3.2176	2.568	2.5576
49	J23	J24	SEKUNDER	T47	31.129	0.0004	0.83	0.1	0.1	3.241	3.228	2.411	2.398
50	J24	J25	SEKUNDER	T48	9.16	0.0004	0.8	0.1	0.1	3.2451	3.241	2.4451	2.441
51	J25	J26	SEKUNDER	T49	31.36	0.0004	0.8	0.1	0.1	3.256	3.2451	2.456	2.4451
52	J26	J27	SEKUNDER	T50	10.3222	0.0004	0.73	0.085	0.1	3.261	3.256	2.531	2.526
53	J27	J28	SEKUNDER	T51	28.954	0.0004	0.8	0.085	0.1	3.272	3.261	2.472	2.461
54	J28	J29	SEKUNDER	T52	10	0.0004	0.83	0.085	0.1	3.275	3.272	2.445	2.442
55	J29	J30	SEKUNDER	T53	28.9542	0.0004	0.8	0.085	0.1	3.2764	3.275	2.4764	2.475

**Tabel 20. Perhitungan Elevasi Saluran Eksisting**

NO	TITIK		JENIS SALURAN	NAMA SALURAN	PANJANG SALURAN	S	H (m)	TEBAL U DITCH (m)	TINGGI URUGAN PASIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HILIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HULU (m)	ELEVASI DASAR HILIR (m)	ELEVASI DASAR HULU (m)
56	J30	J31	SEKUNDER	T54	10.5	0.0004	0.9	0.085	0.1	3.2766	3.2764	2.3766	2.3764
57	J31	J32	SEKUNDER	T55	16.8	0.0004	0.8	0.085	0.1	3.2778	3.2766	2.4778	2.4766
58	J32	OUT 2	SEKUNDER	T56	32.13	0.0004	0.9	0.085	0.1	3.2789	3.2778	2.3789	2.3778
59	J75	J76	TERSIER	T57	52.22	0.0002	0.6	0.07	0.1	3.1695	3.1775	2.5695	2.5775
60	J47	J74	TERSIER	T58	108.39	0.0002	0.6	0.07	0.1	3.1675	3.1388	2.5675	2.5388
61	J48	J73	TERSIER	T59	114.26	0.0002	0.55	0.07	0.1	3.1775	3.1604	2.6275	2.6104
62	J49	J72	TERSIER	T60	119.52	0.0002	0.68	0.07	0.1	3.1843	3.1645	2.5043	2.4845
63	J50	J71	TERSIER	T61	125.64	0.0002	0.6	0.07	0.1	3.2036	3.1863	2.6036	2.5863
64	J51	J70	TERSIER	T62	121.84	0.0002	0.68	0.07	0.1	3.2102	3.1897	2.5302	2.5097
65	J52	J69	TERSIER	T63	121.84	0.0002	0.75	0.07	0.1	3.2288	3.2117	2.4788	2.4617
66	J53	J68	TERSIER	T64	127.96	0.0002	0.72	0.07	0.1	3.2365	3.2153	2.5165	2.4953
67	J54	J67	TERSIER	T65	126.97	0.0002	0.6	0.07	0.1	3.2457	3.237	2.6457	2.637
68	J55	J66	TERSIER	T66	131.33	0.0002	0.62	0.07	0.1	3.2472	3.241	2.6272	2.621
69	J56	J65	TERSIER	T67	131.33	0.0002	0.55	0.07	0.1	3.2496	3.2683	2.6996	2.7183

**Tabel 20. Perhitungan Elevasi Saluran Eksisting**

NO	TITIK		JENIS SALURAN	NAMA SALURAN	PANJANG SALURAN	S	H (m)	TEBAL U DITCH (m)	TINGGI URUGAN PASIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HILIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HULU (m)	ELEVASI DASAR HILIR (m)	ELEVASI DASAR HULU (m)
70	J57	J64	TERSIER	T68	129.78	0.0002	0.7	0.07	0.1	3.2502	3.2701	2.5502	2.5701
71	J58	J63	TERSIER	T69	129.78	0.0002	0.68	0.07	0.1	3.2526	3.2728	2.5726	2.5928
72	J59	J62	TERSIER	T70	130.24	0.0002	0.49	0.07	0.1	3.2539	3.2732	2.7639	2.7832
73	J60	J61	TERSIER	T71	130.24	0.0002	0.75	0.07	0.1	3.257	3.2752	2.507	2.5252
74	J76	J74	SEKUNDER	T72	11.1762	0.0004	0.7	0.07	0.1	3.1675	3.1695	2.4675	2.4695
75	J74	J73	SEKUNDER	T73	27.8954	0.0004	0.8	0.07	0.1	3.1775	3.1675	2.3775	2.3675
76	J73	J72	SEKUNDER	T74	13.2	0.0004	0.76	0.07	0.1	3.1843	3.1775	2.4243	2.4175
77	J72	J71	SEKUNDER	T75	26.37	0.0004	0.8	0.07	0.1	3.2036	3.1843	2.4036	2.3843
78	J71	J70	SEKUNDER	T76	11.988	0.0004	0.75	0.1	0.1	3.2102	3.2036	2.4602	2.4536
79	J70	J69	SEKUNDER	T77	26.3702	0.0004	0.85	0.1	0.1	3.2288	3.2102	2.3788	2.3602
80	J69	J68	SEKUNDER	T78	12.7066	0.0004	0.76	0.1	0.1	3.2365	3.2288	2.4765	2.4688
81	J68	J67	SEKUNDER	T79	26.6542	0.0004	0.85	0.1	0.1	3.2457	3.2365	2.3957	2.3865
82	J67	J66	SEKUNDER	T80	14.606	0.0004	0.78	0.1	0.1	3.2472	3.2457	2.4672	2.4657
83	J66	J65	SEKUNDER	T81	24.558	0.0004	0.9	0.085	0.1	3.2496	3.2472	2.3496	2.3472



**Tabel 20. Perhitungan Elevasi Saluran Eksisting**

NO	TITIK		JENIS SALURAN	NAMA SALURAN	PANJANG SALURAN	S	H (m)	TEBAL U DITCH (m)	TINGGI URUGAN PASIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HILIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HULU (m)	ELEVASI DASAR HILIR (m)	ELEVASI DASAR HULU (m)
84	J65	J64	SEKUNDER	T82	10.5986	0.0004	0.8	0.085	0.1	3.2502	3.2496	2.3502	2.3496
85	J64	J63	SEKUNDER	T83	27.9956	0.0004	0.9	0.085	0.1	3.2526	3.2502	2.3326	2.3302
86	J63	J62	SEKUNDER	T84	13	0.0004	0.92	0.085	0.1	3.2539	3.2526	2.3339	2.3326
87	J62	J61	SEKUNDER	T85	26.298	0.0004	0.92	0.085	0.1	3.257	3.2539	2.337	2.3339
88	J61	OUT 3	SEKUNDER	T86	33.482	0.0004	0.92	0.085	0.1	3.2596	3.257	2.3396	2.337
89	OUT 3	OUT 2	SEKUNDER	T89	261.82	0.0002	0.92	0.085	0.1	3.2789	3.2596	2.3589	2.3396
90	OUT 2	OUT 1	SEKUNDER	T88	11.63	0.0002	0.92	0.11	0.1	3.2799	3.2789	2.3599	2.3589
91	OUT 1	KOLTAM	PRIMER	T90	10	0.0002	0.92	0.135	0.1	3.2799	3.2799	2.3599	2.3599

**Tabel 21. Perhitungan Elevasi Saluran Rencana**

NO	TITIK		NAMA SALURAN	PANJANG SALURAN (m)	S	ELEVASI MUKA AIR HULU (m)	ELEVASI MUKA AIR HILIR (m)	ELEVASI DASAR SALURAN HILIR (m)	ELEVASI DASAR SALURAN HULU (m)	ELEVASI TANAH ASLI HILIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HULU (m)
1	J32	J5	T0	17.854	0.0002	3.519	3.523	3.319	3.323	3.719	3.723
2	J33	J5	T1	133	0.0002	3.519	3.546	3.219	3.246	3.719	3.746
3	J34	J6	T2	126.91	0.0002	3.517	3.542	3.317	3.342	3.717	3.742
4	J35	J7	T3	119	0.0002	3.507	3.530	3.307	3.330	3.707	3.730
5	J36	J8	T4	113.46	0.0002	3.503	3.526	3.303	3.326	3.703	3.726
6	J37	J9	T5	108.36	0.0002	3.493	3.515	3.293	3.315	3.693	3.715
7	J38	J10	T6	103.86	0.0002	3.489	3.510	3.289	3.310	3.689	3.710
8	J39	J11	T7	94.94	0.0002	3.480	3.499	3.280	3.299	3.680	3.699
9	J40	J12	T8	90.49	0.0002	3.477	3.495	3.277	3.295	3.677	3.695
10	J41	J13	T9	82.82	0.0002	3.467	3.483	3.267	3.283	3.667	3.683
11	J42	J14	T10	81.28	0.0002	3.462	3.479	3.262	3.279	3.662	3.679
12	J43	J15	T11	77.45	0.0002	3.434	3.449	3.234	3.249	3.634	3.649
13	J44	J16	T12	77.18	0.0002	3.428	3.444	3.228	3.244	3.628	3.644

**Tabel 21. Perhitungan Elevasi Saluran Rencana**

NO	TITIK		NAMA SALURAN	PANJANG SALURAN (m)	S	ELEVASI MUKA AIR HULU (m)	ELEVASI MUKA AIR HILIR (m)	ELEVASI DASAR SALURAN HILIR (m)	ELEVASI DASAR SALURAN HULU (m)	ELEVASI TANAH ASLI HILIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HULU (m)
14	J45	J17	T13	75.71	0.0002	3.414	3.429	3.114	3.129	3.614	3.629
15	J5	J6	T14	6.064	0.0004	3.517	3.519	3.317	3.319	3.717	3.719
16	J6	J7	T15	25.6	0.0004	3.507	3.517	3.307	3.317	3.707	3.717
17	J7	J8	T16	8.16	0.0004	3.503	3.507	3.103	3.107	3.703	3.707
18	J8	J9	T17	25.3196	0.0004	3.493	3.503	3.093	3.103	3.693	3.703
19	J9	J10	T18	10.6628	0.0004	3.489	3.493	3.089	3.093	3.689	3.693
20	J10	J11	T19	22.599	0.0004	3.480	3.489	3.080	3.089	3.680	3.689
21	J11	J12	T20	7.421	0.0004	3.477	3.480	3.077	3.080	3.677	3.680
22	J12	J13	T21	25.6508	0.0004	3.467	3.477	3.067	3.077	3.667	3.677
23	J13	J14	T22	10.581	0.0004	3.462	3.467	2.862	2.867	3.662	3.667
24	J14	J15	T23	71.4006	0.0004	3.434	3.462	2.834	2.862	3.634	3.662
25	J15	J16	T24	13.972	0.0004	3.428	3.434	2.828	2.834	3.628	3.634
26	J16	J17	T25	36.7746	0.0004	3.414	3.428	2.814	2.828	3.614	3.628

**Tabel 21. Perhitungan Elevasi Saluran Rencana**

NO	TITIK		NAMA SALURAN	PANJANG SALURAN (m)	S	ELEVASI MUKA AIR HULU (m)	ELEVASI MUKA AIR HILIR (m)	ELEVASI DASAR SALURAN HILIR (m)	ELEVASI DASAR SALURAN HULU (m)	ELEVASI TANAH ASLI HILIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HULU (m)
27	J17	OUT 1	T26	33.8818	0.0004	3.400	3.414	2.800	2.814	3.600	3.614
28	J31	J18	T87	15	0.0002	3.530	3.533	3.230	3.233	3.730	3.733
29	J46	J18	T27	154	0.0002	3.530	3.561	3.230	3.261	3.730	3.761
30	J79	J19	T28	103.2	0.0002	3.527	3.548	3.227	3.248	3.727	3.748
31	J80	J20	T29	101.37	0.0002	3.515	3.535	3.215	3.235	3.715	3.735
32	J81	J21	T30	104.14	0.0002	3.511	3.532	3.211	3.232	3.711	3.732
33	J82	J22	T31	103.93	0.0002	3.498	3.519	3.198	3.219	3.698	3.719
34	J83	J23	T32	117.13	0.0002	3.494	3.518	3.194	3.218	3.694	3.718
35	J84	J24	T33	123.04	0.0002	3.482	3.507	3.182	3.207	3.682	3.707
36	J85	J25	T34	123.97	0.0002	3.478	3.503	3.178	3.203	3.678	3.703
37	J86	J26	T35	129.76	0.0002	3.466	3.492	3.166	3.192	3.666	3.692
38	J87	J27	T36	127.58	0.0002	3.462	3.487	3.162	3.187	3.662	3.687
39	J88	J28	T37	127.58	0.0002	3.424	3.450	2.824	2.850	3.624	3.650

**Tabel 21. Perhitungan Elevasi Saluran Rencana**

NO	TITIK		NAMA SALURAN	PANJANG SALURAN (m)	S	ELEVASI MUKA AIR HULU (m)	ELEVASI MUKA AIR HILIR (m)	ELEVASI DASAR SALURAN HILIR (m)	ELEVASI DASAR SALURAN HULU (m)	ELEVASI TANAH ASLI HILIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HULU (m)
40	J89	J29	T38	129.26	0.0002	3.438	3.464	3.235	3.261	3.635	3.661
41	J90	J30	T39	129.26	0.0002	3.426	3.452	3.224	3.250	3.624	3.650
42	J91	J31	T40	128.93	0.0002	3.422	3.448	3.220	3.245	3.620	3.645
43	J92	J32	T41	122.19	0.0002	3.415	3.440	3.213	3.237	3.613	3.637
44	J18	J19	T42	7.71	0.0004	3.527	3.530	3.227	3.230	3.727	3.730
45	J19	J20	T43	31.5	0.0004	3.515	3.527	3.215	3.227	3.715	3.727
46	J20	J21	T44	9.5	0.0004	3.511	3.515	3.111	3.115	3.711	3.715
47	J21	J22	T45	30.9	0.0004	3.498	3.511	3.098	3.111	3.698	3.711
48	J22	J23	T46	10.2	0.0004	3.494	3.498	3.094	3.098	3.694	3.698
49	J23	J24	T47	31.129	0.0004	3.482	3.494	2.982	2.994	3.682	3.694
50	J24	J25	T48	9.16	0.0004	3.478	3.482	2.978	2.982	3.678	3.682
51	J25	J26	T49	31.36	0.0004	3.466	3.478	2.866	2.878	3.666	3.678
52	J26	J27	T50	10.3222	0.0004	3.462	3.466	2.862	2.866	3.662	3.666

**Tabel 21. Perhitungan Elevasi Saluran Rencana**

NO	TITIK		NAMA SALURAN	PANJANG SALURAN (m)	S	ELEVASI MUKA AIR HULU (m)	ELEVASI MUKA AIR HILIR (m)	ELEVASI DASAR SALURAN HILIR (m)	ELEVASI DASAR SALURAN HULU (m)	ELEVASI TANAH ASLI HILIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HULU (m)
53	J27	J28	T51	28.954	0.0004	3.450	3.462	2.850	2.862	3.650	3.662
54	J28	J29	T52	10	0.0004	3.438	3.442	3.235	3.239	3.635	3.639
55	J29	J30	T53	28.9542	0.0004	3.426	3.438	3.224	3.235	3.624	3.635
56	J30	J31	T54	10.5	0.0004	3.422	3.426	3.120	3.124	3.620	3.624
57	J31	J32	T55	16.8	0.0004	3.415	3.422	3.013	3.020	3.613	3.620
58	J32	OUT 2	T56	32.13	0.0004	3.402	3.415	3.000	3.013	3.600	3.613
59	J75	J76	T57	52.22	0.0002	3.476	3.487	3.176	3.187	3.676	3.687
60	J47	J74	T58	108.39	0.0002	3.472	3.494	3.176	3.198	3.676	3.698
61	J48	J73	T59	114.26	0.0002	3.461	3.484	3.161	3.184	3.661	3.684
62	J49	J72	T60	119.52	0.0002	3.456	3.479	3.156	3.179	3.656	3.679
63	J50	J71	T61	125.64	0.0002	3.445	3.470	3.145	3.170	3.645	3.670
64	J51	J70	T62	121.84	0.0002	3.440	3.465	3.140	3.165	3.640	3.665
65	J52	J69	T63	121.84	0.0002	3.430	3.454	3.130	3.154	3.630	3.654

**Tabel 21. Perhitungan Elevasi Saluran Rencana**

NO	TITIK		NAMA SALURAN	PANJANG SALURAN (m)	S	ELEVASI MUKA AIR HULU (m)	ELEVASI MUKA AIR HILIR (m)	ELEVASI DASAR SALURAN HILIR (m)	ELEVASI DASAR SALURAN HULU (m)	ELEVASI TANAH ASLI HILIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HULU (m)
66	J53	J68	T64	127.96	0.0002	3.425	3.450	3.125	3.150	3.625	3.650
67	J54	J67	T65	126.97	0.0002	3.414	3.439	3.114	3.139	3.614	3.639
68	J55	J66	T66	131.33	0.0002	3.408	3.434	3.108	3.134	3.608	3.634
69	J56	J65	T67	131.33	0.0002	3.398	3.424	2.798	2.824	3.598	3.624
70	J57	J64	T68	129.78	0.0002	3.495	3.521	3.295	3.321	3.695	3.721
71	J58	J63	T69	129.78	0.0002	3.484	3.510	3.284	3.310	3.684	3.710
72	J59	J62	T70	130.24	0.0002	3.479	3.505	3.279	3.305	3.679	3.705
73	J60	J61	T71	130.24	0.0002	3.468	3.494	3.268	3.294	3.668	3.694
74	J76	J74	T72	11.1762	0.0004	3.472	3.476	3.072	3.076	3.672	3.676
75	J74	J73	T73	27.8954	0.0004	3.461	3.472	3.061	3.072	3.661	3.672
76	J73	J72	T74	13.2	0.0004	3.456	3.461	3.056	3.061	3.656	3.661
77	J72	J71	T75	26.37	0.0004	3.445	3.456	3.045	3.056	3.645	3.656
78	J71	J70	T76	11.988	0.0004	3.440	3.445	3.040	3.045	3.640	3.645

**Tabel 21. Perhitungan Elevasi Saluran Rencana**

NO	TITIK		NAMA SALURAN	PANJANG SALURAN (m)	S	ELEVASI MUKA AIR HULU (m)	ELEVASI MUKA AIR HILIR (m)	ELEVASI DASAR SALURAN HILIR (m)	ELEVASI DASAR SALURAN HULU (m)	ELEVASI TANAH ASLI HILIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HULU (m)
79	J70	J69	T77	26.3702	0.0004	3.430	3.440	3.030	3.040	3.630	3.640
80	J69	J68	T78	12.7066	0.0004	3.425	3.430	2.925	2.930	3.625	3.630
81	J68	J67	T79	26.6542	0.0004	3.414	3.425	2.814	2.825	3.614	3.625
82	J67	J66	T80	14.606	0.0004	3.408	3.414	2.808	2.814	3.608	3.614
83	J66	OUT 4	T81	24.558	0.0004	3.398	3.408	2.798	2.808	3.598	3.608
84	OUT 4	BUANG	T91	43	0.0004	3.381	3.398	2.581	2.598	3.581	3.598
85	J65	J64	T82	10.5986	0.0004	3.495	3.499	3.295	3.299	3.695	3.699
86	J64	J63	T83	27.9956	0.0004	3.484	3.495	3.284	3.295	3.684	3.695
87	J63	J62	T84	13	0.0004	3.479	3.484	3.179	3.184	3.679	3.684
88	J62	J61	T85	26.298	0.0004	3.468	3.479	3.168	3.179	3.668	3.679
89	J61	OUT 3	T86	33.482	0.0004	3.455	3.468	3.055	3.068	3.655	3.668
90	OUT 3	OUT 2	T89	261.82	0.0002	3.402	3.455	3.002	3.055	3.602	3.655
91	OUT 2	OUT 1	T88	11.63	0.0002	3.400	3.402	2.800	2.802	3.600	3.602



**Tabel 21. Perhitungan Elevasi Saluran Rencana**

NO	TITIK		NAMA SALURAN	PANJANG SALURAN (m)	S	ELEVASI MUKA AIR HULU (m)	ELEVASI MUKA AIR HILIR (m)	ELEVASI DASAR SALURAN HILIR (m)	ELEVASI DASAR SALURAN HULU (m)	ELEVASI TANAH ASLI HILIR (m)	ELEVASI TANAH ASLI HULU (m)
92	OUT 1	BUANG	T90	10	0.0002	3.398	3.400	2.398	2.400	3.598	3.600

**Tabel 22. Perhitungan t0 dan tc eksisting**

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	To BANGUNAN	To JALAN	To TAMAN	To LAHAN	To PAKAI	Tf	Tc
			(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)
1	T0	TERSIER	0	1.066565	6.779789	0	6.779789	1.490637	8.270425
2	T1	TERSIER	0.840669	0.719201	0	0	0.840669	11.45399	12.29466
3	T2	TERSIER	0.840669	0.719201	9.249764	0	9.249764	10.92952	20.17928
4	T3	TERSIER	0.840669	0.758906	9.249764	0	9.249764	10.403	19.65277
5	T4	TERSIER	0.840669	0.758906	9.249764	0	9.249764	10.1379	19.38767
6	T5	TERSIER	0.840669	0.835385	9.249764	0	9.249764	9.971563	19.22133
7	T6	TERSIER	0.840669	0.835385	9.249764	0	9.249764	9.07946	18.32922
8	T7	TERSIER	0.840669	0.702599	9.249764	0	9.249764	8.73662	17.98638

**Tabel 22. Perhitungan t0 dan tc eksisting**

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	To BANGUNAN	To JALAN	To TAMAN	To LAHAN	To PAKAI	Tf	Tc
			(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)
9	T8	TERSIER	0.840669	0.702599	9.249764	0	9.249764	8.32712	17.57688
10	T9	TERSIER	0.840669	0.813184	9.249764	0	9.249764	7.400151	16.64991
11	T10	TERSIER	0.840669	0.813184	9.249764	0	9.249764	7.479592	16.72936
12	T11	TERSIER	0.840669	0.881135	9.249764	0	9.249764	7.014715	16.26448
13	T12	TERSIER	0.840669	0.881135	9.249764	0	9.249764	6.896204	16.14597
14	T13	TERSIER	1.067157	0.836535	11.74178	0	11.74178	6.764857	18.50664
15	T14	SEKUNDER	0	1.172045	0	0	12.29466	0.288311	12.58297
16	T15	SEKUNDER	0	1.172045	0	0	20.17928	1.210983	21.39026
17	T16	SEKUNDER	0	1.172045	0	0	21.39026	0.481034	21.8713
18	T17	SEKUNDER	0	1.172045	0	0	21.8713	1.492597	23.3639
19	T18	SEKUNDER	0	1.172045	0	0	23.3639	0.628575	23.99247
20	T19	SEKUNDER	0	1.172045	0	0	23.99247	1.332217	25.32469
21	T20	SEKUNDER	0	1.172045	0	0	25.32469	0.43747	25.76216
22	T21	SEKUNDER	0	1.172045	0	0	25.76216	1.193862	26.95602
23	T22	SEKUNDER	0	1.172045	0	0	26.95602	0.49247	27.44849

**Tabel 22. Perhitungan t0 dan tc eksisting**

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	To BANGUNAN	To JALAN	To TAMAN	To LAHAN	To PAKAI	Tf	Tc
			(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)
24	T23	SEKUNDER	0	1.172045	7.191406	30.69186	27.44849	3.392224	30.84071
25	T24	SEKUNDER	0	1.001619	0	0	30.84071	0.663806	31.50452
26	T25	SEKUNDER	0	1.115772	0	0	31.50452	1.704178	33.2087
27	T26	SEKUNDER	0	1.172045	0	0	33.2087	1.570123	34.77882
28	T87	TERSIER	0	1.473639	7.191406	0	7.191406	1.252355	8.443761
29	T27	TERSIER	0.933001	1.24746	10.26568	0	10.26568	12.85751	23.12319
30	T28	TERSIER	0.933001	1.317998	10.26568	0	10.26568	9.021763	19.28744
31	T29	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	8.81083	19.07651
32	T30	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	10.21121	20.47689
33	T31	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	8.857908	19.12359
34	T32	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	9.132139	19.39782
35	T33	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	10.29838	20.56406
36	T34	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	10.77517	21.04084
37	T35	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	11.18411	21.44979
38	T36	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	10.52193	20.78761

**Tabel 22. Perhitungan t0 dan tc eksisting**

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	To BANGUNAN	To JALAN	To TAMAN	To LAHAN	To PAKAI	Tf	Tc
			(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)
39	T37	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	10.2746	20.54027
40	T38	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	10.7161	20.98177
41	T39	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	10.46923	20.7349
42	T40	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	10.62596	20.89164
43	T41	TERSIER	0.933001	1.317998	10.26568	0	10.26568	9.957318	20.223
44	T42	SEKUNDER	0	1.317998	0	0	23.12319	0.381282	23.50447
45	T43	SEKUNDER	0	1.132176	0	0	23.50447	1.48598	24.99045
46	T44	SEKUNDER	0	1.132176	0	0	24.99045	0.455928	25.44638
47	T45	SEKUNDER	0	1.132176	0	0	25.44638	1.482966	26.92935
48	T46	SEKUNDER	0	1.132176	0	0	26.92935	0.498667	27.42801
49	T47	SEKUNDER	0	1.132176	0	0	27.42801	1.484733	28.91275
50	T48	SEKUNDER	0	1.132176	0	0	28.91275	0.421242	29.33399
51	T49	SEKUNDER	0	1.132176	0	0	29.33399	1.442157	30.77615
52	T50	SEKUNDER	0	1.132176	0	0	30.77615	0.499093	31.27524

**Tabel 22. Perhitungan t0 dan tc eksisting**

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	To BANGUNAN	To JALAN	To TAMAN	To LAHAN	To PAKAI	Tf	Tc
			(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)
53	T51	SEKUNDER	0	1.132176	0	0	31.27524	1.377234	32.65247
54	T52	SEKUNDER	0	1.132176	0	0	32.65247	0.464526	33.117
55	T53	SEKUNDER	0	1.156286	0	0	33.117	1.377244	34.49424
56	T54	SEKUNDER	0	1.132176	0	0	34.49424	0.47306	34.9673
57	T55	SEKUNDER	0	1.172045	0	0	34.9673	0.772584	35.73989
58	T56	SEKUNDER	0	1.24746	0	0	35.73989	1.447564	37.18745
59	T57	TERSIER	0	1.111628	15.7676	22.37197	22.37197	4.665973	27.03794
60	T58	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	9.684887	19.95056
61	T59	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	11.20351	21.46919
62	T60	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	10.04559	20.31127
63	T61	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	11.22621	21.49189
64	T62	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	9.972012	20.23769
65	T63	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	10.24565	20.51132
66	T64	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	11.69835	21.96403
67	T65	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	11.18181	21.44749

**Tabel 22. Perhitungan t0 dan tc eksisting**

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	To BANGUNAN	To JALAN	To TAMAN	To LAHAN	To PAKAI	Tf	Tc
			(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)
68	T66	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	11.50831	21.77399
69	T67	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	11.72698	21.99266
70	T68	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	10.86252	21.12819
71	T69	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	10.62186	20.88754
72	T70	TERSIER	0.933001	0.953529	10.26568	0	10.26568	11.27691	21.54259
73	T71	TERSIER	0.933001	1.317998	10.26568	0	10.26568	11.1141	21.37978
74	T72	SEKUNDER	0	1.001619	0	0	27.03794	0.549362	27.58731
75	T73	SEKUNDER	0	1.001619	0	0	27.58731	1.338768	28.92607
76	T74	SEKUNDER	0	1.001619	0	0	28.92607	0.639173	29.56525
77	T75	SEKUNDER	0	1.090637	0	0	29.56525	1.26556	30.83081
78	T76	SEKUNDER	0	1.001619	0	0	30.83081	0.581856	31.41266
79	T77	SEKUNDER	0	1.090637	0	0	31.41266	1.30186	32.71452
80	T78	SEKUNDER	0	1.001619	0	0	32.71452	0.645045	33.35957
81	T79	SEKUNDER	0	1.001619	0	0	33.35957	1.266334	34.6259
82	T80	SEKUNDER	0	1.001619	0	0	34.6259	0.779183	35.40508

**Tabel 22. Perhitungan t0 dan tc eksisting**

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	To BANGUNAN	To JALAN	To TAMAN	To LAHAN	To PAKAI	Tf	Tc
			(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)
83	T81	SEKUNDER	0	1.001619	0	0	35.40508	1.17833	36.58341
84	T82	SEKUNDER	0	1.001619	0	0	36.58341	0.524132	37.10755
85	T83	SEKUNDER	0	1.001619	0	0	37.10755	1.301454	38.409
86	T84	SEKUNDER	0	1.172045	0	0	38.409	0.604341	39.01334
87	T85	SEKUNDER	0	1.290311	0	0	39.01334	1.180516	40.19386
88	T86	SEKUNDER	0	1.001619	0	0	40.19386	1.503006	41.69686
89	T89	SEKUNDER	0	1.001619	0	0	34.77882	0.738319	35.51714
90	T88	SEKUNDER	0	1.001619	0	0	41.69686	16.62138	58.31824
91	T90	PRIMER	0	1.001619	0	0	58.31824	0.63484	58.95308

**Tabel 23. Perhitungan debit rencana (arah aliran baru)**

No	Nama Saluran	To BANGUNAN	To JALAN	To TAMAN	To LAHAN	To PAKAI	Tf	Tc	I	A	Q
		(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	( <sup>mm</sup> /jam)	(Km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s)
1	T0	0	1.067	6.780	0	6.780	1.491	8.270	166.27397	0.000166	0.003932
2	T1	0.841	0.719	0.000	0	0.841	11.454	12.295	127.65324	0.001923	0.054599
3	T2	0.841	0.719	9.250	0	9.250	10.930	20.179	91.742877	0.001925	0.038274
4	T3	0.841	0.759	9.250	0	9.250	10.403	19.653	93.374231	0.001886	0.0387
5	T4	0.841	0.759	9.250	0	9.250	10.138	19.388	94.223478	0.00168	0.034604
6	T5	0.841	0.835	9.250	0	9.250	9.972	19.221	94.7663	0.001667	0.034237
7	T6	0.841	0.835	9.250	0	9.250	9.079	18.329	97.816797	0.001674	0.035497
8	T7	0.841	0.703	9.250	0	9.250	8.737	17.986	99.055878	0.001482	0.031396
9	T8	0.841	0.703	9.250	0	9.250	8.327	17.577	100.58848	0.001345	0.028918
10	T9	0.841	0.813	9.250	0	9.250	7.400	16.650	104.28812	0.001329	0.029367
11	T10	0.841	0.813	9.250	0	9.250	7.480	16.729	103.9577	0.001213	0.025675
12	T11	0.841	0.881	9.250	0	9.250	7.015	16.264	105.92929	0.001252	0.02709
13	T12	0.841	0.881	9.250	0	9.250	6.896	16.146	106.447	0.001206	0.026886
14	T13	1.067	0.837	11.742	0	11.742	6.765	18.507	97.190645	0.003431	0.072126
15	T14	0	1.172	0	0	12.295	0.288	12.583	125.69579	0.002159	0.05868



**Tabel 23. Perhitungan debit rencana (arah aliran baru)**

No	Nama Saluran	To BANGUNAN (menit)	To JALAN (menit)	To TAMAN (menit)	To LAHAN (menit)	To PAKAI (menit)	Tf (menit)	Tc (menit)	I ( <sup>mm</sup> /jam)	A (Km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)
16	T15	0	1.172	0	0	20.179	1.211	21.390	88.246749	0.004231	0.080911
17	T16	0	1.172	0	0	21.390	0.481	21.871	86.948036	0.006168	0.116753
18	T17	0	1.172	0	0	21.871	1.493	23.364	83.204342	0.00799	0.144911
19	T18	0	1.172	0	0	23.364	0.629	23.992	81.744683	0.009711	0.172877
20	T19	0	1.172	0	0	23.992	1.332	25.325	78.852131	0.011498	0.197353
21	T20	0	1.172	0	0	25.325	0.437	25.762	77.956922	0.013021	0.220539
22	T21	0	1.172	0	0	25.762	1.194	26.956	75.637818	0.014532	0.238523
23	T22	0	1.172	0	0	26.956	0.492	27.448	74.730381	0.015931	0.25786
24	T23	0	1.172	7.191	30.692	27.448	3.392	30.841	69.144857	0.021629	0.278352
25	T24	0	1.002	0	0	30.841	0.664	31.505	68.170151	0.022949	0.292887
26	T25	0	1.116	0	0	31.505	1.704	33.209	65.817532	0.024326	0.301899
27	T26	0	1.172	0	0	33.209	1.570	34.779	63.821391	0.027836	0.34123
28	T87	0	1.474	7.191	0	7.191	1.252	8.444	163.99057	0.000184	0.00366
29	T27	0.933	1.247	10.266	0	10.266	12.858	23.123	83.780766	0.003948	0.068414
30	T28	0.933	1.318	10.266	0	10.266	9.022	19.287	94.549613	0.002068	0.040483

**Tabel 23. Perhitungan debit rencana (arah aliran baru)**

No	Nama Saluran	To BANGUNAN (menit)	To JALAN (menit)	To TAMAN (menit)	To LAHAN (menit)	To PAKAI (menit)	Tf (menit)	Tc (menit)	I ( <sup>mm</sup> /jam)	A (Km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)
31	T29	0.933	0.954	10.266	0	10.266	8.811	19.077	95.245306	0.001897	0.037562
32	T30	0.933	0.954	10.266	0	10.266	10.211	20.477	90.851786	0.001903	0.035839
33	T31	0.933	0.954	10.266	0	10.266	8.858	19.124	95.088927	0.00181	0.035297
34	T32	0.933	0.954	10.266	0	10.266	9.132	19.398	94.190608	0.002116	0.042119
35	T33	0.933	0.954	10.266	0	10.266	10.298	20.564	90.594868	0.002057	0.039164
36	T34	0.933	0.954	10.266	0	10.266	10.775	21.041	89.221063	0.00233	0.043706
37	T35	0.933	0.954	10.266	0	10.266	11.184	21.450	88.083416	0.002283	0.042354
38	T36	0.933	0.954	10.266	0	10.266	10.522	20.788	89.944201	0.002425	0.046809
39	T37	0.933	0.954	10.266	0	32.652	10.275	42.927	55.465381	0.02653	0.308163
40	T38	0.933	0.954	10.266	0	10.266	10.716	20.982	89.388444	0.002375	0.045145
41	T39	0.933	0.954	10.266	0	10.266	10.469	20.735	90.096543	0.002325	0.044102
42	T40	0.933	0.954	10.266	0	10.266	10.626	20.892	89.645369	0.002428	0.046345
43	T41	0.933	1.318	10.266	0	10.266	9.957	20.223	91.610622	0.002484	0.049172
44	T42	0	1.318	0	0	23.123	0.381	23.504	82.872254	0.004165	0.070147

**Tabel 23. Perhitungan debit rencana (arah aliran baru)**

No	Nama Saluran	To BANGUNAN (menit)	To JALAN (menit)	To TAMAN (menit)	To LAHAN (menit)	To PAKAI (menit)	Tf (menit)	Tc (menit)	I ( <sup>mm</sup> /jam)	A (Km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)
45	T43	0	1.132	0	0	23.504	1.486	24.990	79.553643	0.006431	0.104894
46	T44	0	1.132	0	0	24.990	0.456	25.446	78.60053	0.008392	0.13576
47	T45	0	1.132	0	0	25.446	1.483	26.929	75.687753	0.010491	0.163886
48	T46	0	1.132	0	0	26.929	0.499	27.428	74.767567	0.01237	0.190795
49	T47	0	1.132	0	0	27.428	1.485	28.913	72.185493	0.014676	0.219545
50	T48	0	1.132	0	0	28.913	0.421	29.334	71.492762	0.016795	0.249335
51	T49	0	1.132	0	0	29.334	1.442	30.776	69.241533	0.019333	0.278598
52	T50	0	1.132	0	0	30.776	0.499	31.275	68.502918	0.021691	0.309716
53	T51	0	1.132	0	0	31.275	1.377	32.652	66.562881	0.024314	0.338511
54	T52	0	1.132	0	0	1.132	0.465	1.597	497.76786	7.45E-05	0.008242
55	T53	0	1.156	0	0	20.982	1.377	22.359	85.678995	0.002699	0.04944
56	T54	0	1.132	0	0	22.359	0.473	22.832	84.491409	0.005113	0.091783
57	T55	0	1.172	0	0	22.832	0.773	23.605	82.637592	0.007675	0.134958
58	T56	0	1.247	0	0	23.605	1.448	25.052	79.422819	0.010362	0.175914

**Tabel 23. Perhitungan debit rencana (arah aliran baru)**

No	Nama Saluran	To BANGUNAN	To JALAN	To TAMAN	To LAHAN	To PAKAI	Tf	Tc	I	A	Q
		(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	( <sup>mm</sup> /jam)	(Km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s)
59	T57	0	1.112	15.768	22.372	22.372	4.666	27.038	75.484953	0.001847	0.011949
60	T58	0.933	0.954	10.266	0	10.266	9.685	19.951	92.442716	0.002464	0.044877
61	T59	0.933	0.954	10.266	0	10.266	11.204	21.469	88.030354	0.002109	0.039232
62	T60	0.933	0.954	10.266	0	10.266	10.046	20.311	91.345003	0.00213	0.041795
63	T61	0.933	0.954	10.266	0	10.266	11.226	21.492	87.968343	0.002194	0.041384
64	T62	0.933	0.954	10.266	0	10.266	9.972	20.238	91.566272	0.002218	0.034814
65	T63	0.933	0.954	10.266	0	10.266	10.246	20.511	90.750081	0.002109	0.033217
66	T64	0.933	0.954	10.266	0	10.266	11.698	21.964	86.703131	0.002324	0.041572
67	T65	0.933	0.954	10.266	0	10.266	11.182	21.447	88.089717	0.00233	0.04224
68	T66	0.933	0.954	10.266	0	10.266	11.508	21.774	87.206899	0.002495	0.031067
69	T67	0.933	0.954	10.266	0	42.927	11.727	54.654	47.216588	0.028782	0.277841
70	T68	0.933	0.954	10.266	0	10.266	10.863	21.128	88.974983	0.002273	0.04264
71	T69	0.933	0.954	10.266	0	10.266	10.622	20.888	89.657087	0.00235	0.044487
72	T70	0.933	0.954	10.266	0	10.266	11.277	21.543	87.830274	0.00236	0.043939
73	T71	0.933	1.318	10.266	0	10.266	11.114	21.380	88.275609	0.002496	0.046612

**Tabel 23. Perhitungan debit rencana (arah aliran baru)**

No	Nama Saluran	To BANGUNAN (menit)	To JALAN (menit)	To TAMAN (menit)	To LAHAN (menit)	To PAKAI (menit)	Tf (menit)	Tc (menit)	I ( <sup>mm</sup> /jam)	A (Km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)
74	T72	0	1.002	0	0	27.038	0.549	27.587	74.47948	0.001906	0.012773
75	T73	0	1.002	0	0	27.587	1.339	28.926	72.16332	0.004501	0.049514
76	T74	0	1.002	0	0	28.926	0.639	29.565	71.119466	0.006686	0.081682
77	T75	0	1.091	0	0	29.565	1.266	30.831	69.159668	0.008985	0.113675
78	T76	0	1.002	0	0	30.831	0.582	31.413	68.302981	0.011254	0.145541
79	T77	0	1.091	0	0	31.413	1.302	32.715	66.478687	0.013626	0.169206
80	T78	0	1.002	0	0	32.715	0.645	33.360	65.618941	0.015805	0.192062
81	T79	0	1.002	0	0	33.360	1.266	34.626	64.009155	0.018268	0.220016
82	T80	0	1.002	0	0	34.626	0.779	35.405	63.066549	0.020686	0.248248
83	T81	0	1.002	0	0	35.405	1.178	36.583	61.70495	0.023341	0.267064
84	T91	0	0.000	0	0	54.654	1.572	56.226	46.332124	0.052123	0.473165
85	T82	0	1.002	0	0	1.002	0.524	1.526	513.0823	7.57E-05	0.008637
86	T83	0	1.002	0	0	21.128	1.301	22.430	85.499031	0.002528	0.045833
87	T84	0	1.172	0	0	22.430	0.604	23.034	83.996926	0.004974	0.088498
88	T85	0	1.290	0	0	23.034	1.181	24.215	81.244211	0.007545	0.130063

**Tabel 23. Perhitungan debit rencana (arah aliran baru)**

No	Nama Saluran	To BANGUNAN	To JALAN	To TAMAN	To LAHAN	To PAKAI	T <sub>f</sub>	T <sub>c</sub>	I	A	Q
		(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(mm/jam)	(Km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s)
89	T86	0	1.002	0	0	24.215	1.503	25.718	78.047118	0.010289	0.170452
90	T89	0	1.002	0	0	25.718	16.621	42.339	55.977888	0.011598	0.138551
91	T88	0	1.002	0	0	42.339	0.738	43.077	55.336428	0.021998	0.259996
92	T90	0	1.002	0	0	43.077	0.635	43.712	54.799347	0.049834	0.550465



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

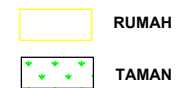
PERENCANAAN ULANG SISTEM  
DRAINASE PERUMAHAN  
SUKOLILO DIAN REGENCY DI  
SURABAYA TIMUR

Dosen Konsultasi

Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc

Dr. Ir. Edijatno

Keterangan



Nama Mahasiswa

Lisna Isminingtyas  
03111440000086

Nama Gambar

Skala Gambar

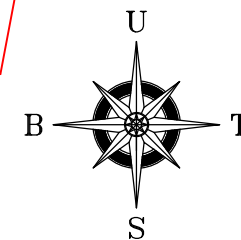
TATA GUNA  
LAHAN  
SUKOLILO  
DIAN  
REGENCY

1 : 2000

Kode

No  
Gambar

Jumlah  
Gambar





Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

PERENCANAAN ULANG SISTEM  
DRAINASE PERUMAHAN  
SUKOILLO DIAN REGENCY DI  
SURABAYA TIMUR

Dosen Konsultasi

Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc

Dr. Ir. Edijatno

Keterangan

- TEMBOK
- ▶ ARAH ALIRAN
- SALURAN TERSIER
- SALURAN SEKUNDER

Nama Mahasiswa

Lisna Isminingtyas  
03111440000086

Nama Gambar

Skala Gambar

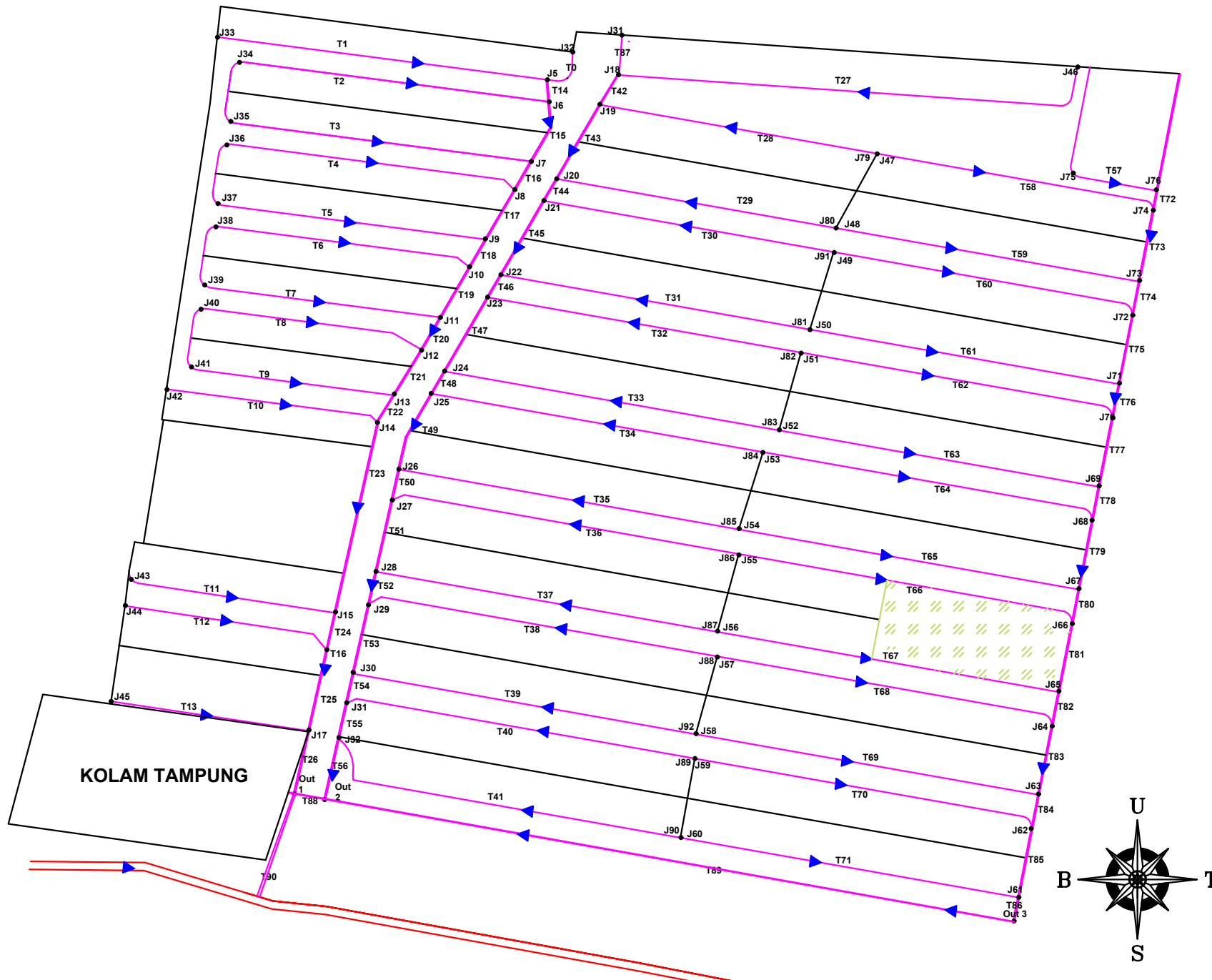
ARAH  
ALIRAN  
DRAINASE  
PERUMAHAN  
SUKOILLO  
REGENCY

1 : 2000

Kode

No  
Gambar

Jumlah  
Gambar







Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

PERENCANAAN ULANG SISTEM  
DRAINASE PERUMAHAN  
SUKOLILO DIAN REGENCY DI  
SURABAYA TIMUR

Dosen Konsultasi

Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc

Dr. Ir. Edijatno

Keterangan

- TEMBOK
- ARAH ALIRAN
- SALURAN TERSIER
- SALURAN SEKUNDER

Nama Mahasiswa

Lisna Isminingtyas  
03111440000086

Nama Gambar

Skala Gambar

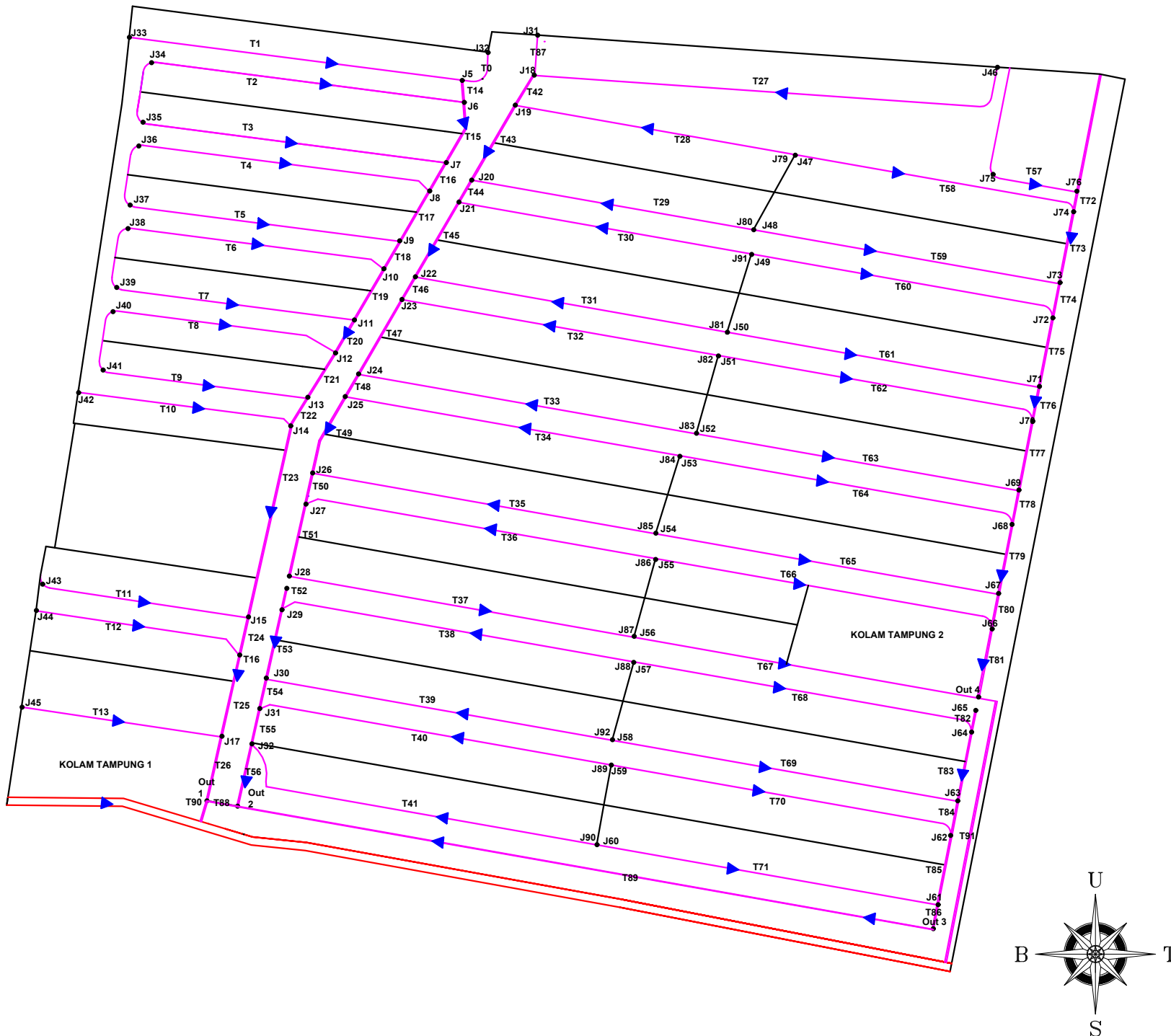
PERENCANAAN  
ARAH ALIRAN  
DRAINASE  
PERUMAHAN  
SUKOLILO  
REGENCY

1 : 2000

Kode

No  
Gambar

Jumlah  
Gambar





Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumahan  
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

PERENCANAAN ULANG SISTEM  
DRAINASE PERUMAHAN  
SUKOLOLO DIAN REGENCY DI  
SURABAYA TIMUR

Dosen Konsultasi

Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc

Dr. Ir. Edijatno

Keterangan



ARAH ALIRAN

SALURAN TERSIER

Nama Mahasiswa

Lisna Isminingtyas  
03111440000086

Nama Gambar

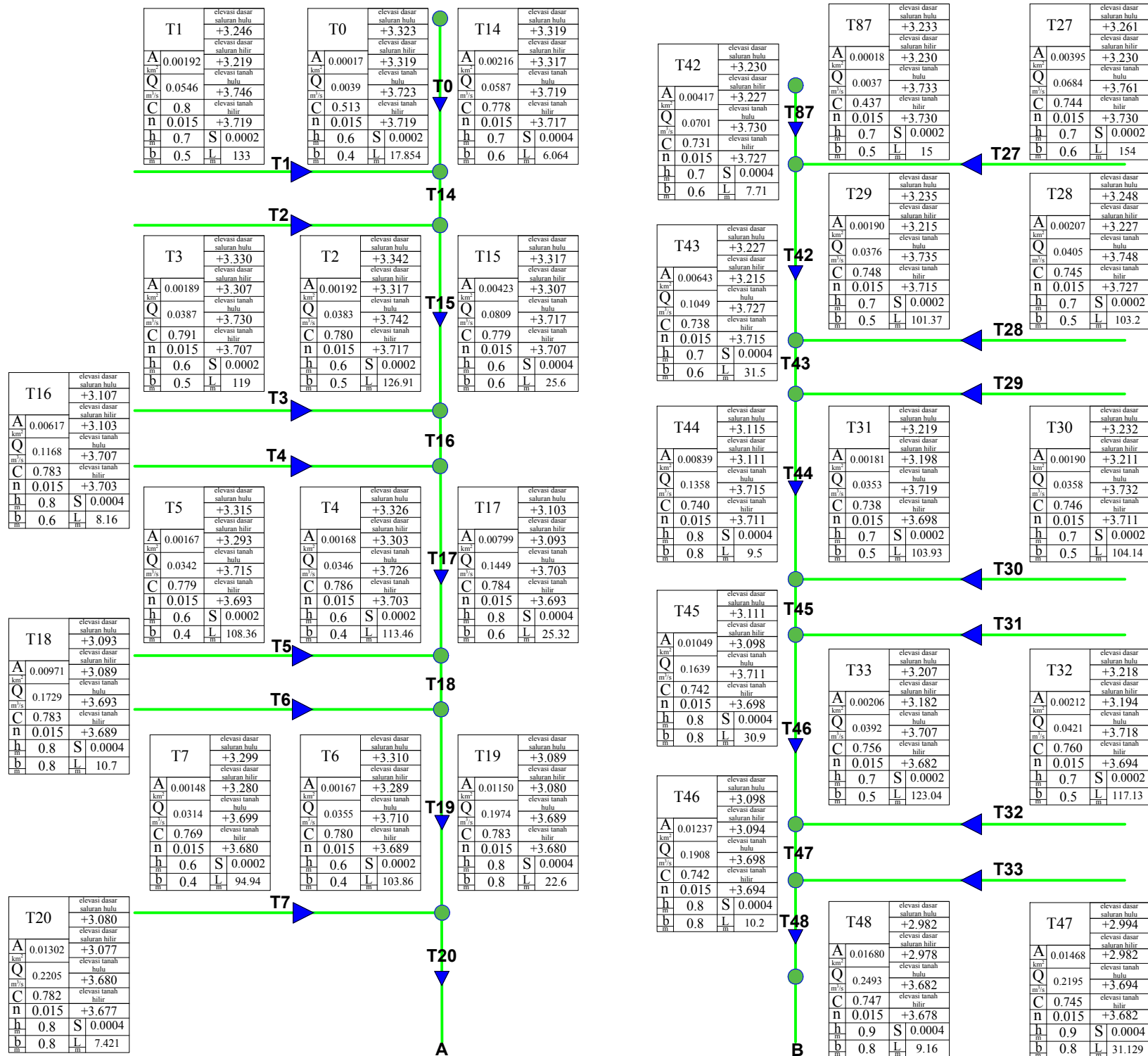
Skala Gambar

SKEMA  
PERENCANAAN  
JARINGAN  
DRAINASE

Kode

No  
Gambar

Jumlah  
Gambar





Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

PERENCANAAN ULANG SISTEM  
DRAINASE PERUMAHAN  
SUKOLOLO DIAN REGENCY DI  
SURABAYA TIMUR

Dosen Konsultasi

Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc

Dr. Ir. Edijatno

Keterangan

ARAH ALIRAN  
SALURAN TERSIER

Nama Mahasiswa

Lisna Isminingtyas  
03111440000086

Nama Gambar

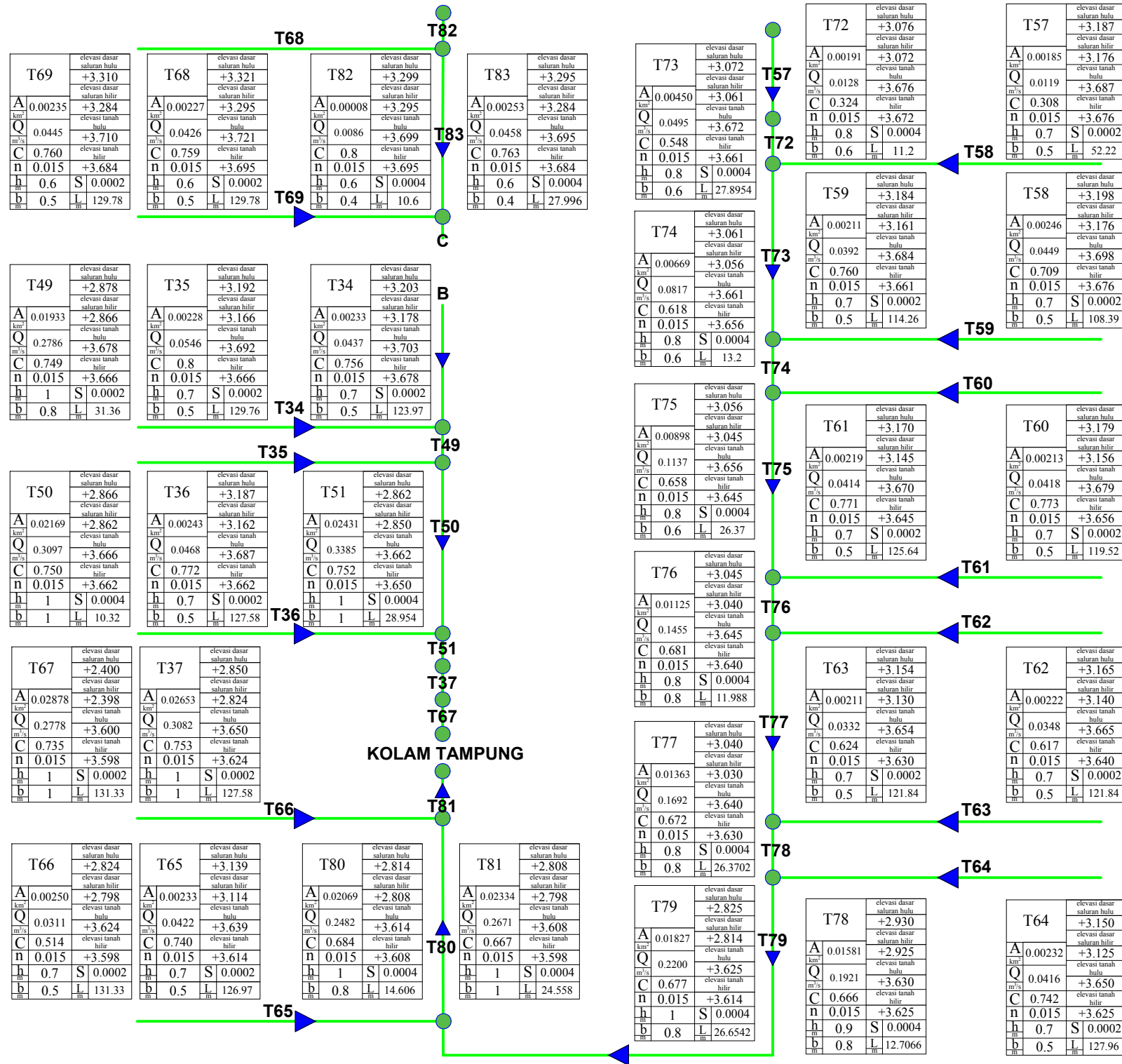
Skala Gambar

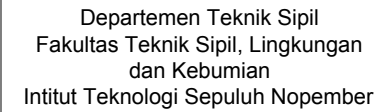
SKEMA  
PERENCANAAN  
JARINGAN  
DRAINASE

Kode

No  
Gambar

Jumlah  
Gambar





PERENCANAAN ULANG SISTEM  
DRAINASE PERUMAHAN  
SUKOLOLO DIAN REGENCY DI  
SURABAYA TIMUR

Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc

Keterangan

## SALURAN TERSIER

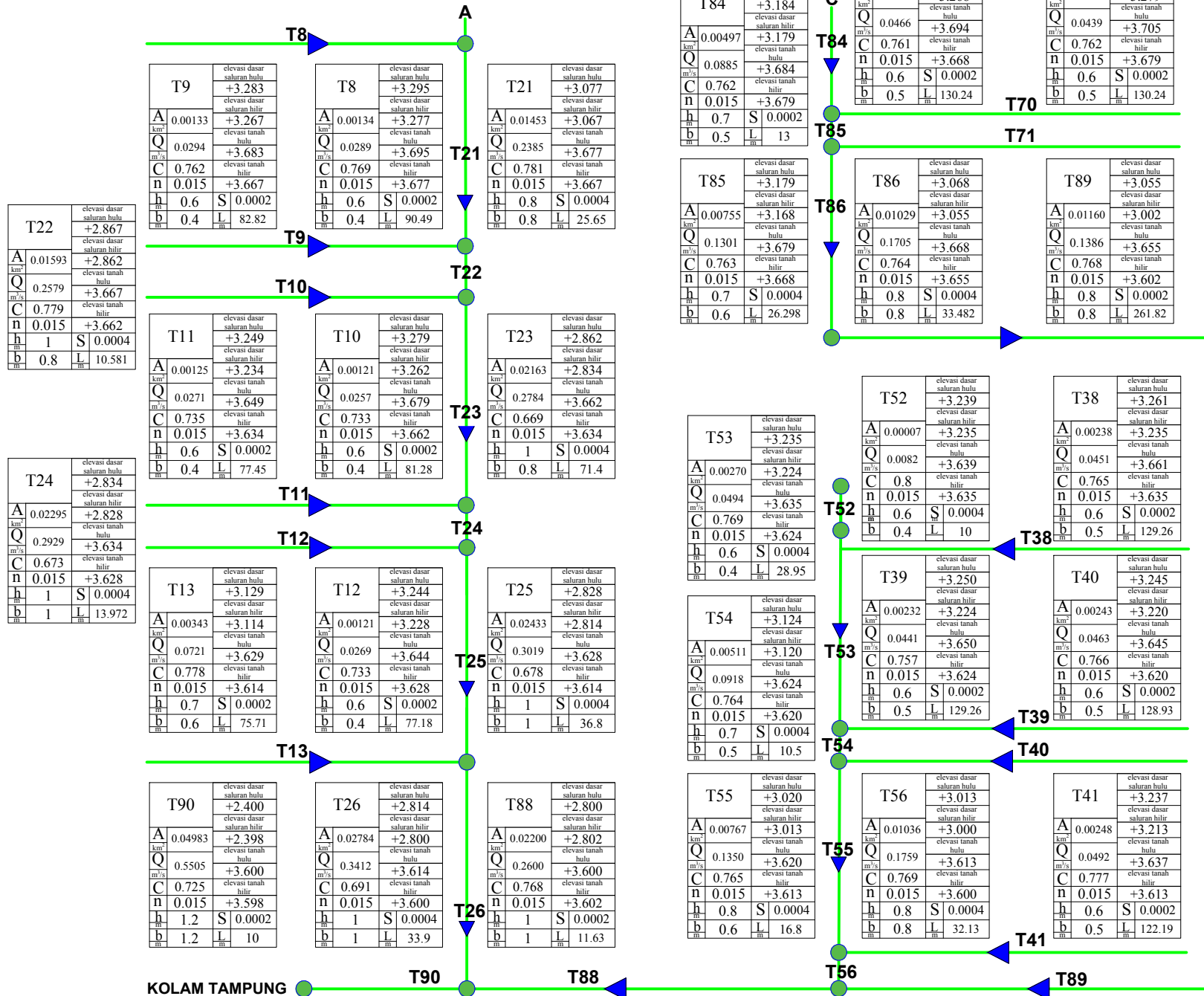
Lisna Isminingtyas  
03111440000086

### Skala Gambar

Kode
------

No

Jumlah





Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

PERENCANAAN ULANG SISTEM  
DRAINASE PERUMAHAN  
SUKOLOLO DIAN REGENCY DI  
SURABAYA TIMUR

Dosen Konsultasi

Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc

Dr. Ir. Edijatno

Keterangan

Nama Mahasiswa

Lisna Isminingtyas  
03111440000086

Nama Gambar

Skala Gambar

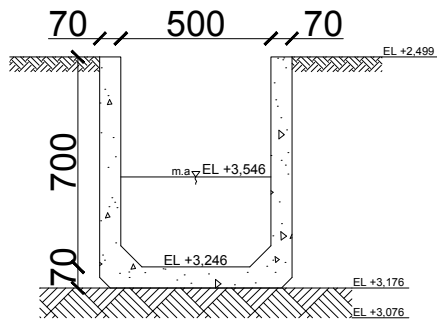
POTONGAN  
MELINTANG  
SALURAN  
TERSIER  
(U-DITCH)

1 : 25

Kode

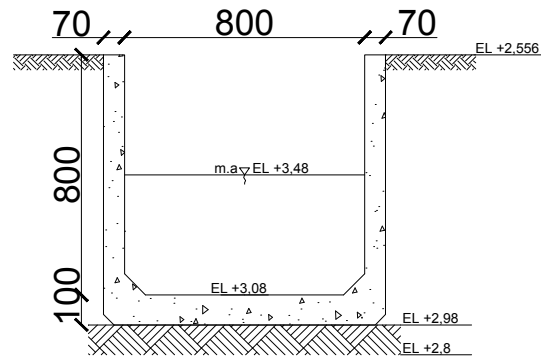
No  
Gambar

Jumlah  
Gambar



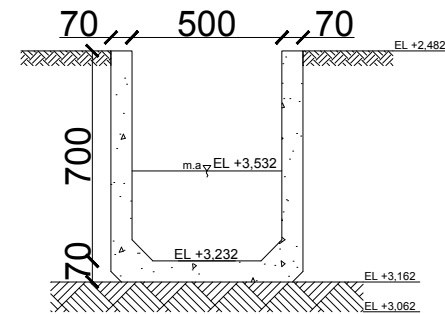
POTONGAN MELINTANG SALURAN T1

SKALA 1 : 25



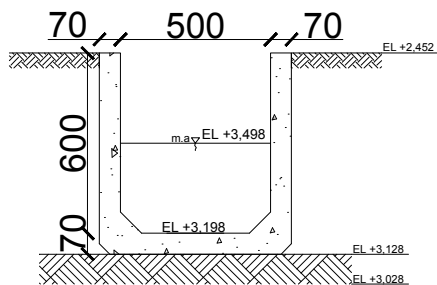
POTONGAN MELINTANG SALURAN T20

SKALA 1 : 25



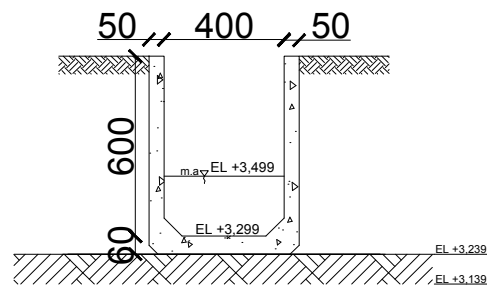
POTONGAN MELINTANG SALURAN T30

SKALA 1 : 25



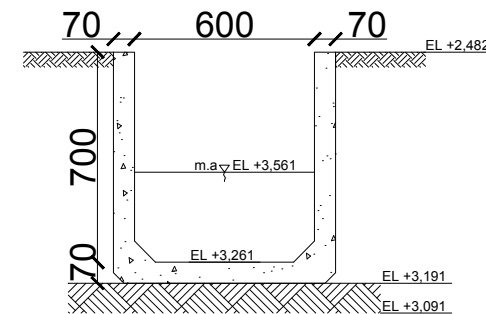
POTONGAN MELINTANG SALURAN T58

SKALA 1 : 25



POTONGAN MELINTANG SALURAN T82

SKALA 1 : 25



POTONGAN MELINTANG SALURAN T27

SKALA 1 : 25



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

PERENCANAAN ULANG SISTEM  
DRAINASE PERUMAHAN  
SUKOILLO DIAN REGENCY DI  
SURABAYA TIMUR

Dosen Konsultasi

Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc

Dr. Ir. Edijatno

Keterangan

Nama Mahasiswa

Lisna Isminingtyas  
03111440000086

Nama Gambar

Skala Gambar

POTONGAN  
MEMANJANG KOLAM  
TAMPUNG ARAH  
UTARA

1 : 100

POTONGAN  
MEMANJANG KOLAM  
TAMPUNG ARAH  
TIMUR

1 : 100

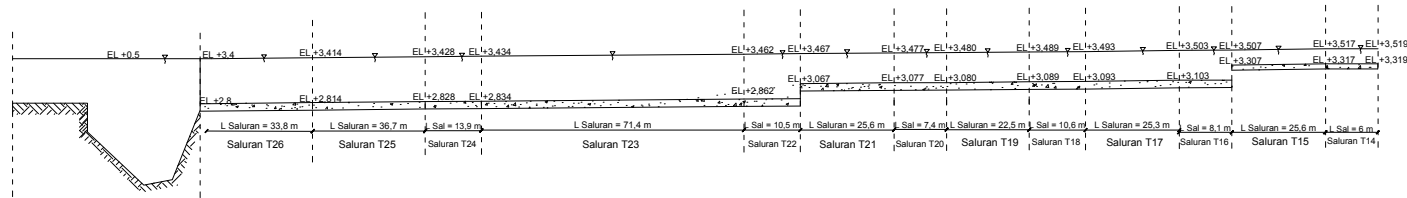
DETAIL POTONGAN A-A

1 : 50

Kode

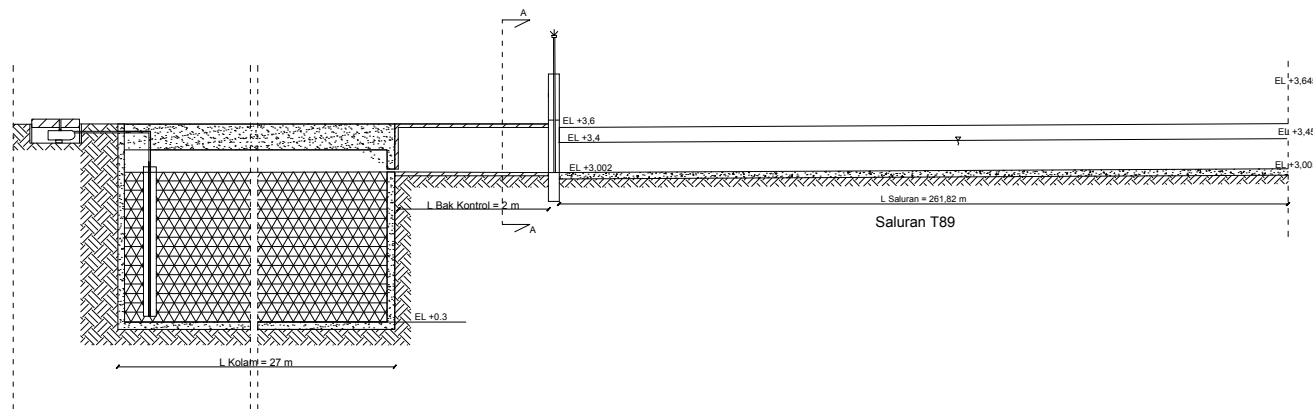
No  
Gambar

Jumlah  
Gambar



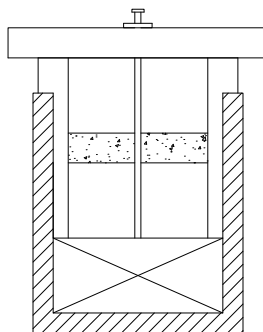
POTONGAN MEMANJANG KOLAM TAMPUNG ARAH UTARA

SKALA 1 : 100



POTONGAN MEMANJANG KOLAM TAMPUNG ARAH TIMUR

SKALA 1 : 100



DETAIL POTONGAN A-A

SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
**PROGRAM SARJANA (S1)**  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK – ITS

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN  
SEMINAR DAN LISAN  
TUGAS AKHIR**

Pada hari ini **Rabu** tanggal **11 Juli 2018** jam **09.00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

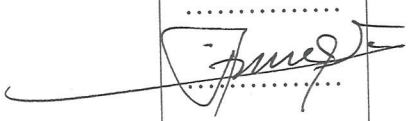
NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111440000086	Lisna Isminingtyas	Perencanaan Ulang Sistem Drainase Perumahan Sukolilo Dian Regency di Surabaya Timur

Dengan Hasil :

<input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

- perbaikan
- ponti kolam tangkai
- ponti kolam tangkai

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Ir. Bambang Sarwono, MSc	.....
M. Bagus Ansori, ST. MT	

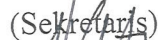
Surabaya, 11 Juli 2018  
Dosen Pembimbing I

(Ketua)



**Dr. techn. Umboro Lasminto, ST. MSc**

Dosen Pembimbing 2  
(Sekretaris)



**Dr. Ir. Edijatno**



Form AKV TA-04  
rev01

**PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS**  
**LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)**

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



<b>NAMA PEMBIMBING</b>	: DR. TECHN. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.
<b>NAMA MAHASISWA</b>	: LISNA ISMININGTYAS
<b>NRP</b>	: 03111440000086
<b>JUDUL TUGAS AKHIR</b>	: PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE PERUMAHAN SUKOLILO DIAN REGENCY DI SURABAYA TIMUR
<b>TANGGAL PROPOSAL</b>	: 30 JANUARI 2018
<b>NO. SP-MMTA</b>	: 020235 / IT2. VI. 4.1 / PP. 05. 02. 00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	4/4 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asistensi mengenai Rencana 5 tahun</li> <li>Asistensi mengenai perhitungan To dam</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menyelesaikan perhitungan &amp; penulisan Q hidrolika</li> <li>Menemukan nilai tambah dari tugas Akhir ini.</li> </ul>	
2.	11/4 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevasi</li> <li>Saluran pembuang SDR.</li> <li>Kemiringan rencana (apakah dikontrol/ekisting)</li> </ul>	Perhitungan hidrolika selesai	
3.	3/5 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manning</li> <li>Perubahan saluran (v ditch / Adk) ?</li> <li>Volume tampungan</li> <li>PWT saluran primer</li> <li>Saluran primer</li> </ul>		
4.	9/5 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perhitungan Q Apartemen DR</li> <li>Lama hujan di Surabaya (1/ hidrograf)</li> <li>Kapasitas &amp; deskripsi kolam tampung</li> <li>Perencanaan saluran sekunder.</li> </ul>		
5.	22/5 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kolam tampung</li> <li>Hidrograf diperbaiki</li> </ul>		
6.	7/6 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asistensi draft &amp; penulisan.</li> </ul>		





Form AK/TA-04  
rev01

**PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS**  
**LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)**

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



<b>NAMA PEMBIMBING</b>	: DR. IR. EDIJATNO
<b>NAMA MAHASISWA</b>	: LISNA ISMININGTYAS
<b>NRP</b>	: 03111440000036
<b>JUDUL TUGAS AKHIR</b>	: PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE PERUMAHAN SUKOLILO DIAN REGENCT DI SURABAYA TIMUR.
<b>TANGGAL PROPOSAL</b>	: 30 JANUARI 2018
<b>NO. SP-MMTA</b>	: 020235/IT2.VI.4.1/PP.DS.02.00/2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	16/3 2018	Data curah hujan 2016-2017 ke DPU Pakejangan Sby	Mengolah data hujan 18thn.	
2.	4/4 2018	- Data yg dicantumkan hanya Q <sub>2</sub> , Q <sub>5</sub> , dan Q <sub>10</sub> - Harus disertai penjelasan mengapa dipilih Q <sub>5</sub> .	Perhitungan Q hidrologi dan sebagian hidrolika.	
3.	10/4 2018	Metode pencarian elevasi	Penentuan elevasi	
4.	13/4 2018	- Elevasi - Saluran pembuang SDR - Kemiringan rencana.	Q hidrouka beres.	
5.	16/4 2018	- Kapasitas kolam tampung - Flood routing		

## BIODATA PENULIS



### **Lisna Isminingtyas**

Lahir di Surabaya, pada tanggal 26 Oktober 1996. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri Ketabang 5 Surabaya, SMP Negeri 6 Surabaya, SMA Negeri 5 Surabaya. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sarjananya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Departemen Teknik Sipil (FTSLK) Surabaya melalui Program Sarjana dan terdaftar dengan NRP 03111440000086. Penulis adalah salah satu Mahasiswi Program Sarjana (S1) dengan bidang Studi Hidroteknik dengan mengambil judul tugas akhir “**Perencanaan Ulang Sistem Drainase Perumahan Sukolilo Dian Regency di Surabaya Timur**”

Narahubung

Email : tyaslisna@gmail.com